

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **Trabajo Final de Máster**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona









## Agradecimientos

Me gustaría agradecer principalmente a mis padres ISABEL y ANTONIO, mi hermana SANDRA y mi pareja JUDITH, que me han apoyado incondicionalmente, motivándome a continuar en los buenos y malos momentos. Han sido muchos meses de gran esfuerzo y dedicación; y toda esa inversión ha dado sus frutos completando este maravilloso proyecto.

La finalización del trabajo final de máster se traduce en concluir con mi etapa de estudiante y agradezco a los profesores de la Facultad Náutica de Barcelona por habernos transmitido su motivación e interés en las materias.

He de agradecer en especial al profesor Julián Sánchez por haberme enseñado el mundo naval de otra forma, por los muchos consejos que me ha dado y por su apoyo y motivación.

Agradezco a todas y cada una de las personas, sean amigos o familiares, que directa o indirectamente han aportado su grano de arena, sin vosotros esto no hubiese sido posible. Gracias de corazón.

## Resumen

El siguiente proyecto consiste en el diseño y estudio de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja. El proceso de trabajo se repite en una espiral de diseño obteniendo resultados más precisos en cada iteración, el documento está formado por 13 cuadernos donde en cada uno se desarrolla un aspecto diferente del buque proyecto.

El primer cuadernillo se diferencia del resto ya que se explican: los diferentes buques de pesca presentes actualmente en el Mar Mediterráneo, en que se diferencian los arrastreros, las maniobras durante las operaciones de pesca y como afecta al diseño de la embarcación la especie objetivo escogida.

A partir del cuadernillo 0 se definen todos los aspectos del buque proyecto. En los cuadernos 1 y 2 se establecen las dimensiones y formas de la embarcación según los requisitos del armador y las recomendaciones de Ingenieros Navales. Después, el cuaderno 3 se establecen los espacios que requiere el buque según sus necesidades y formas, es una parte del trabajo que depende en gran medida de los siguientes cuadernos y se realiza cada vez que termina la iteración de diseño.

En el cuaderno 4 se analiza el comportamiento del buque en una fase inicial, verificando si lo planteado en los anteriores cuadernos es viable.

Más adelante, en los cuadernos 5 y 6 se define y dimensiona la planta propulsora y generadora. Cuando se escoja la maquinaria y equipos se deben tener en cuenta las formas del buque, estabilidad y disposición general.

Luego, en el cuaderno 7 se mencionan detalladamente los equipos y servicios que son necesarios para que funcionen correctamente los sistemas de la planta propulsora y generadora. Sabiendo esto, se simplifica el proceso de definición de la planta eléctrica en el cuaderno 8.

Hasta el momento, los cuadernos han sido principalmente técnicos, mientras que en los cuadernos 9, 10 y 11 se estudia a fondo el cumplimiento de las normas de seguridad a nivel estructural, de estabilidad y comportamiento en el mar.

Finalmente, en el cuaderno 12 se calcula el presupuesto de la obra desde el punto de vista de un astillero.

## Abstract

The next project consists of the design and study of a trawler vessel in the Mediterranean Sea to catch red prawn. The work process is based on a design spiral, the document is made up of 13 booklets where a different aspect of the ship is developed in each one.

The first booklet differs from the rest because it explains: the different fishing vessels currently present in the Mediterranean Sea, differences between trawlers, maneuvers during fishing operations and how the chosen target species affects the design of the vessel .

All aspects of the ship are defined from booklet 0. In booklets 1 and 2 the dimensions and shapes of the boat are established according to the requirements of the shipowner and the recommendations of Naval Engineers. Then, booklet 3 establishes the spaces that the ship requires according to its needs and forms.

In booklet 4 the behaviour of the ship is analyzed in an initial phase, verifying if what is considered in the previous notebooks is feasible.

Later, in booklets 5 and 6 the propulsion and generating plant is defined and dimensioned. When choosing machinery and equipment, the ship's shapes, stability and general arrangement must be taken into account.

Then, in booklet 7, the equipment and services that are necessary for the propulsion and generating plant systems to function properly are mentioned in detail. Knowing this, the process of defining the power plant in booklet 8 is simplified.

Up to now, the booklets have been mainly technical, while in booklets 9, 10 and 11, compliance with structural safety, stability and behavior at sea standards are studied in depth.

Finally, booklet 12 calculates the cost for the construction from the point of view of a shipyard.

# Tabla de contenido

<b>CUADERNO 0: MEMORIA EXPLICATIVA.....</b>	<b>9</b>
<b>CUADERNO 1: DIMENSIONAMIENTO .....</b>	<b>34</b>
<b>CUADERNO 2: FORMAS DEL BUQUE .....</b>	<b>87</b>
<b>CUADERNO 3: DISPOSICIÓN GENERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>CUADERNO 4: CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL.....</b>	<b>143</b>
<b>CUADERNO 5: ESTIMACIÓN DE POTENCIA Y PROYECTO DE PROPULSORES .....</b>	<b>175</b>
<b>CUADERNO 6: PLANTA PROPULSORA Y CÁMARA DE MÁQUINAS .....</b>	<b>39221</b>
<b>CUADERNO 7: EQUIPOS Y SERVICIOS DEL BUQUE .....</b>	<b>332</b>
<b>CUADERNO 8: PLANTA ELÉCTRICA .....</b>	<b>365</b>
<b>CUADERNO 9: RESISTENCIA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>392</b>
<b>CUADERNO 10: CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA DEL BUQUE Y SU CENTRO DE GRAVEDAD ..</b>	<b>437</b>
<b>CUADERNO 11:SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL.....</b>	<b>464</b>
<b>CUADERNO 12: PRESUPUESTO .....</b>	<b>510</b>

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 0**

### **Memoria explicativa**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía





# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE TABLAS	IV
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. LAS ARTES DE PESCA</b>	<b>2</b>
2.1 CLASIFICACIÓN	2
<b>3. LA PESCA DE ARRASTRE</b>	<b>4</b>
3.1 ANTECEDENTES	5
3.2 ELEMENTOS DEL ARTE	6
3.3 TIPOS DE ARRASTRE	7
3.3.1 ARRASTRE DE FONDO	7
3.3.2 ARRASTRE PELÁGICO O DE MEDIA AGUA	8
3.4 BUQUES ARRASTREROS	9
3.4.1 ARRASTREROS POR EL COSTADO	9
3.4.2 ARRASTREROS CON PLUMAS TRANSVERSALES	9
3.4.3 ARRASTREROS DE POPA CERRADA	9
3.4.4 BUQUES RAMPEROS DE UNA SOLA CUBIERTA	10
3.4.5 BUQUES RAMPEROS DE DOS CUBIERTAS	10
3.4.6 BUQUES ARRASTREROS CON TANGONES	10
3.5 MANIOBRAS DE UN BUQUE DE POPA CERRADA	11
3.6 SITUACIÓN ACTUAL	13
3.7 ESPECIE OBJETIVO	13
3.7.1 ESPECIALIZACIÓN EN LOS PUERTOS	14
3.8 EFECTOS DEL ARRASTRE	15
3.8.1 NEGATIVOS	15
3.8.2 POSITIVOS	15
<b>4. REGLAMENTACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL</b>	<b>16</b>
4.1 LEGISLACIÓN NACIONAL	16
4.2 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL	17
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>18</b>

# Lista de tablas

**TABLA 1. DATOS DE LA PESCA DE ARRASTRE DE FONDO EN EL MEDITERRÁNEO DE LA FLOTA NACIONAL ..... [ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.]**

## **1. Introducción**

El desarrollo del proyecto está basado en aspectos académicos y teóricos, con la intención de mostrar el conocimiento adquirido en estos últimos años de máster.

La inspiración de esta idea proviene del interés hacia los buques de pesca en general, dentro del mundo académico el barco de referencia es el petrolero, portacontenedores, yates o veleros, pero en ningún caso el buque de pesca. Lo que más me atrajo de ellos eran las complejas maniobras que realizaban, la creatividad presente en los métodos de captura, la variedad en las formas del casco y la maquinaria que requieren.

Indagando acerca de los buques de arrastre, encontré una especialidad que no había escuchado anteriormente, los buques de arrastre con especialidad de captura en la gamba roja. Estas embarcaciones alcanzan generalmente como máximo los 25 metros de eslora y están presentes en varios puertos de España, los lugares más reconocidos son Denia, Palamós y Garrucha.

Este tipo de arrastrero o también llamado "vacas" se distinguen de los demás por dos conos que se encuentran en su ápice y, especialmente, por sus puertas traseras. No disponen de bodega y calan a profundidades muy elevadas debido a la naturaleza de la gamba.

Por lo tanto, en este cuaderno se explicará:

- Qué tipos de buque de pesca existen
- Cuál es la situación actual de los pesqueros arrastreros
- En que se diferencian
- Cómo maniobra un arrastrero en las operaciones de pesca
- Cuales con las características de la gamba y cómo se adapta el buque de pesca para capturarla
- Reglamentación nacional e internacional que afectará al buque en cuestión

## **2. Las artes de pesca**

Se define un buque o una embarcación de pesca según el Real Decreto 543/2007 [10] como un buque utilizado comercialmente para la captura de peces, focas, morsas u otros recursos vivos del mar.

Existe una gran variedad de buques pesqueros que se diferencian según el arte de pesca que emplean. Las artes de pesca son métodos de captura que se pueden clasificar según: la estructura y su funcionamiento, la selectividad, la capacidad de desplazamiento y la distancia a la que faenan de la costa. Cada arte de pesca está adaptada tanto al caladero como a la especie objetivo para conseguir una mayor rentabilidad.

### **2.1 Clasificación**

Se van a explicar las clasificaciones más relevantes [1], que son: Clasificación según la capacidad de desplazamiento y clasificación según la distancia de la costa en la que se faene.

#### **2.1.1 Clasificación según la capacidad de desplazamiento:**

**a) Activas:** Son artes que basan su eficacia en el desplazamiento del buque al caladero de interés para capturar a la especie objetivo.

Durante la operación de pesca en este tipo de arte, es esencial que haya una actividad continua de maniobra para concentrar y capturar el pescado, esta acción se traduce en un gran consumo de combustible.

En esta clasificación y en concreto en el arrastre, es primordial el uso de nuevas tecnologías con el objetivo de convertir esta modalidad en una labor de alto rendimiento económico.

Los tipos de artes activas son:

- Cerco

- Arrastre

**b) Pasivas:** Son artes carentes de movimiento, se fijan en un lugar esperando a que la especie objetivo se desplace y se capture al enredarse, engancharse o picar por sí mismos, sin realizar ninguna acción que contribuya a incrementar el esfuerzo pesquero. Por el procedimiento de captura también son denominados “artes de trampa”.

En comparación con las artes activas, los costes económicos en las artes pasivas son menores teniendo en cuenta conceptos como el transporte, el gasto de combustible durante la operación de pesca, traslado de capturas al puerto base, etc.

A diferencia del punto anterior, los avances tecnológicos han variado muy poco a lo largo del tiempo y existe poca investigación en este campo.

Los tipos de artes pasivas son:

-Pesca con caña:

- Curricán
- Cebo vivo
- Líneas verticales

-Redes de enmalle:

- Deriva
- Fijas

-Pesca con trampas:

- Almadrabas y corrales
- Nasas

-Palangre

### **2.1.2 Clasificación según la distancia a la costa en la que faene la flota**

Siguiendo las definiciones presentes en el documento del Real Decreto 543/2007, los buques de pesca se clasifican de varias formas dependiendo de la zona del caladero. Según este, la normativa a aplicar al buque variará en gran medida para los siguientes cuadernos.

- a) Pesca local: Los buques realizan las operaciones de pesca sin alejarse de la costa más de 10 millas.
- b) Pesca litoral: Este tipo de pesca se realiza en las proximidades de la costa, zona comprendida entre el litoral y la línea de 60 millas paralela al mismo y entre los paralelos 52º N y 20º N, y en pequeñas embarcaciones. El recorrido se puede efectuar en un mismo día, faenando en caladeros próximos al puerto.
- c) Pesca de altura y de gran altura: La distancia recorrida por los pesqueros depende de la necesidad de captura o las dimensiones del buque, si las aguas marinas en donde se realiza la operación de pesca se consideran relativamente alejadas del litoral, más de 60 millas y en la zona comprendida entre los paralelos 60º N y 35º S y los meridianos 52º E y 20º O, se denomina pesca de altura. Por otra parte, en caso de acudir a caladeros de latitudes muy distantes de la costa, actividades sin limitación de mares ni distancias a la costa fuera de las zonas comprendidas anteriormente, se denomina pesca de gran altura, industrial o congeladora. Normalmente, los buques de gran altura acuden en binomios, siendo uno de factoría, ya que se aprovechan en mayor medida las capturas procesando el pescado y obteniendo derivados de este; y el otro es el que regresa a puerta cada diez días a descargar, evitando que la tripulación permanezca en alta mar una gran cantidad de tiempo y mejorando su calidad de vida.

En el proyecto se plantea un buque de pesca litoral de gamba roja, realizando capturas al fresco y conservando los crustáceos con hielo en forma de escamas para mantener sus propiedades hasta la llegada a puerto.

### **3. La pesca de arrastre**

El arte de la pesca de arrastre es una de las técnicas más extendidas y habituales entre las flotas pesqueras nacionales e internacionales. La pesca de arrastre en contacto con el fondo oceánico representa aproximadamente el 40% de las capturas mundiales.

Este método de pesca concentra y retiene a la captura mediante la técnica de la filtración, es decir, barre el mar en extensiones considerables facilitando el encuentro con los bancos de peces. La velocidad de navegación oscila entre 2 y 6 nudos [1] y se adapta a la velocidad de escape de las especies objetivo, en este caso, el buque navegará a 3,5 nudos durante las operaciones de arrastre.

El arte consiste en un gran saco de malla dividido en dos mitades que reduce sus dimensiones desde la boca de la red hasta el copo, extremo de la red opuesto al buque que se encuentra cerrado para mantener las capturas. La luz de malla elegida en cada caso se controla por los inspectores de pesca para conocer la selectividad de las especies.

El arrastre es el arte que se encuentra más regulada, como ejemplo está la prohibición de faenar dos buques a la par (en pareja) en el Mediterráneo y el Golfo de Cádiz, y la de efectuar el arrastre pelágico por buques españoles. Los ejemplos anteriores junto con la limitación de las profundidades permitidas para calar la red tienen como objetivo proteger los recursos de sardinas, anchoas y túnidos.

Dentro de las regulaciones, la flota pesquera de arrastre tiene como obligación descansar dos días en semana, se limitan las potencias máximas de los buques en 500 caballos y la luz de malla se controlará en cada puerto. Además, se han establecido vedas para que la operación de arrastre no cause daños en lugares de especial vulnerabilidad, como las praderas de posidonia o corales. Este arte de pesca se efectúa en fondos de reducido valor ecológico para minimizar el posible efecto destructivo.

El mayor inconveniente es que no es un arte selectivo ya que se atrapan especies no objetivo, denominado pesca incidental o *bycatch*. También, puede producir graves daños a los fondos marinos durante el arrastre de fondo y las capturas pueden llegar a bordo muy golpeadas o incluso muertas, reduciendo el valor económico de las mismas. La Unión Europea ha implantado medidas en contra del *bycatch* como es el *obligation landing* [6], en la cual se obliga el desembarque de todas las capturas de especies reguladas y que estas cuenten en contra de las cuotas de cada embarcación, de tal forma que motiva a los pescadores a evitar en todo lo posible la pesca incidental.

Por otra parte, los continuos adelantos técnicos y la cada vez mayor escasez de recursos marinos hacen que las artes de pesca se encuentren en un proceso evolutivo de mejora con el fin de incrementar los rendimientos de la pesca.

Dependiendo de las especies objetivo existen varias modalidades de pesca de arrastre, el más común es el arrastre de fondo, normalmente las especies que viven sobre el fondo o cerca del mismo nadan en velocidades mucho menores que las especies cerca de la superficie, lo cual facilita la captura de estos. Otras alternativas al arrastre de fondo son el arrastre de medio fondo o pelágico. No obstante, este último está prohibido en España como se ha comentado previamente.

Este proyecto está enfocado en un flota dirigida a una especie de alto valor comercial del Mediterráneo, la gamba roja, y que se pescan en grandes profundidades cerca de los 500 hasta los 800 metros.

En el Mediterráneo, los barcos de pesca de gamba roja se consideran al fresco ya que regresan diariamente a puerto con un horario que oscila las 12 horas, desde las 6 am hasta las 6 pm, manteniendo las capturas en hielo hasta la llegada al puerto lo cual asegura una calidad insuperable de sus productos.

Presentes en todos los puertos del litoral español, es fácil distinguir a los arrastreros por el pórtico que se eleva por encima de buque, y los portones, elemento único de este arte.

### **3.1 Antecedentes**

En España se considera el "Rastro" (Dredge) como el primero en ser usado dentro del arte de arrastre. Pero en realidad [4], el antecesor de este arte es el "Ganapán"; un objeto similar a un cazamariposas que se usaba principalmente en los ríos.

Otra forma similar del arrastre aplicada en ríos de corrientes permanentes, es el uso de redes de grandes dimensiones con forma cónica. Estas se encontraban fijadas en el fondo del río gracias a pesos situados en la zona inferior de la red o a partir de estacas hincadas.

Este mismo planteamiento se introdujo con los buques, logrando una apertura vertical en la red gracias a los flotadores y lastres que se situaban en las relingas.

En Irlanda durante el año 1888, se incorporaron los portones para acabar con los problemas que sufrían los buques al no poder abrir con facilidad las redes durante las operaciones de pesca. Estas eran de madera y eran totalmente rectas.

### **3.2 Elementos del arte**

El arrastre es una arte de pesca formada por una gran cantidad de elementos, los cuales se explican a continuación [4].

Primero se encuentra la gran red, o también llamado "saco", en forma de embudo dividida generalmente en dos partes iguales, superior e inferior. El diseño de cada parte puede ser diferente o igual, dependiendo de las necesidades del buque.

La "boca" es la abertura de la red donde se introducirán los peces durante el remolque. En los extremos o laterales de la boca, hay prolongaciones de red llamadas "Bandas o Alas" que evitan la fuga lateral del pescado. Junto con las "bandas", en ciertos casos la parte superior de la "boca" se prolonga formando una "visera" con la finalidad nuevamente de evitar que se escapen los peces.

La red está formada por paños, los cuales pueden cambiar de características dependiendo de la zona donde se sitúe. En la boca de la red, los paños están unidos mediante dos cables, uno inferior y otro superior, denominados relinga inferior y relinga superior.

Para facilitar el hundimiento de la relinga inferior se lastra con cadenas o con plomo. Por otro lado, como se pretende obtener la mayor abertura posible de la "boca", se fijan flotadores en la relinga superior. Las piezas de enlace entre las relingas y los calones se llaman "vientos".

Los paños que se encuentran en la parte superior o inferior del centro de la red se conocen como "cielo" o "vientre". Esta parte central, según se aleja de la "boca" se va reduciendo el diámetro de la sección hasta el cierre de la misma, el lado opuesto de la "boca" se llama "bolsa o copo"

El copo sirve para concentrar las capturas. Además, en la zona próxima al copo se dispone un cabo unido a la relinga superior denominada "lasilla" que sirve para vaciar el copo una vez izado.

La unión de las "alas" con la "malleta" se realiza por medio de los "calones", estos son elementos metálicos de refuerzo con punto de anclaje, donde se unen las piezas mencionadas anteriormente mediante grilletes. Estos permiten transmitir los esfuerzos del buque a la red durante el lance. Los calones son normalmente triangulares o de mariposa aunque existen de otros tipos. También, las malletas son cabos de unión que tienen como función transmitir esfuerzos.

Durante el largado del aparejo, se conecta la malleta con los portones mediante grilletes. Los portones tienen dos puntos de anclaje, uno con forma triangular como los calones pero de unión a la malleta, y otro punto que se une con un cable tensado que pasa por un elemento llamado "pastecas", este guía y soporta los esfuerzos de los portones en la operación de pesca y se sitúan en el carril de pastecas. El carril de pastecas está formado por dos guías, una con



limitaciones en los extremos, y otra con irregularidades como las de un tornillo, generando resistencia para que no se muevan las pastecas con tanta facilidad.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la función de las puertas es la de asegurar una buena abertura horizontal de la boca de la red por medio del empuje hidrodinámico que reciben al moverse con un ángulo de ataque determinado, a la vez que se encuentran sometidas a las tensiones del aparejo y del arrastre.

Las puertas de arrastre se incorporaron a finales del Siglo XIX, y supusieron un gran avance en este arte. Más adelante, la introducción de la Ingeniería en el campo de las artes de pesca permitió una optimización de las formas y una mejora considerable en cuanto a la resistencia al avance, reduciendo un 25% de la resistencia total.

### **3.3 Tipos de arrastre**

Los buques que utilizan el arrastre como arte de pesca se diferencian por:

- Las dimensiones y características de los paños que forman la red
- La abertura de la boca de la red por los portones
- Velocidad de arrastre

La elección de cada una de las opciones mencionadas, dependerá de la especie objetivo. Por otra parte, los tipos de pesca de arrastre son:

- Arrastre de fondo
- Arrastre pelágico

#### **3.3.1 Arrastre de fondo**

El arrastre de fondo es una modalidad de arte de pesca que aumenta las probabilidades de captura eliminando la posibilidad de los peces de huir hundiéndose en las profundidades. Eso sí, siempre que se trate de peces demersales.

Lo ideal para este tipo de arte es que esté construida con hilos de nylon de sección considerable que le aporten un peso y una considerable velocidad de inmersión ya que se suelen realizar los lances a grandes profundidades e interesa que el arte se sumerja lo más rápidamente posible.

La bolsa de la red, tal y como se ha mencionado anteriormente, posee dos prolongaciones laterales llamadas alas en sus extremos para aumentar el área barrida y guiar a los peces hacia el fondo. En este tipo de arte, el borde superior de la red está más adelantado que el inferior formando una visera para impedir que los peces escapen hacia arriba.

La sección de la red se va reduciendo desde la boca hasta el copo, la zona del copo se encuentra cerrada por un cabo que pasa a través de las mallas o de unas anillas y al que se hace un nudo, cuando se eleva la red en la cubierta principal se deshace el nudo del copo para liberar las capturas.

La velocidad de remolque varía de 2 a 4 nudos dependiendo de la especie objetivo. Este valor define entre otros factores el diseño de la red. Por cierto, los portones no funcionarán correctamente si la velocidad de arrastre es excesivamente baja. En cambio, si la velocidad es mayor a la necesaria causará que la red se despegue del fondo.

Aparte de la velocidad de remolque, el tamaño de la red dependerá de:

- ☐ Potencia del equipo propulsor
- ☐ Diseño de red
- ☐ Construcción del aparejo
- ☐ Tamaño del buque
- ☐ Espacio y disposición de la cubierta de trabajo

### **3.3.2 Arrastre pelágico o de media agua**

En profundidades opuestas al arrastre de fondo, existe otra modalidad de arrastre llamada arrastre pelágico o de media agua. La red pelágica es de forma más regular que la de fondo, siendo la boca más parecida a un cuadrado o a un círculo. La construcción es mucho más ligera ya que no tienen que hundirse a grandes profundidades, permitiendo el arrastre de artes mayores que las de fondo para las mismas potencias propulsoras.

Existen varios diseños, pero los más importantes son:

- Boca de red con dos alas cortas similares al arrastre de fondo.
- Boca de red con cuatro alas

En ambos casos el copo está formado por dos cabos circulares, uno que permite el izado y otro que sirve de cierre para evitar que los peces salgan de la red.

A diferencia del arrastre de fondo, esta modalidad de arrastre permite operar por el costado o por popa. Además, el arrastre es mucho más rápido que en el de fondo puesto que lo que se pretende es capturar una agrupación de peces ya localizada, debido a que gran parte del trabajo consiste en la localización de un cardumen de un tamaño que justifique la maniobra de calado de la red.

Para facilitar el éxito de las capturas, en las redes se instalan ecosondas que permiten conocer en todo momento la profundidad de la red.

### **3.4 Buques arrastreros**

Los buques arrastreros se pueden clasificar principalmente en clásicos o ramperos dependiendo de la forma de la popa, y subclasificarlos según los elementos característicos del propio buque, como las plumas o tangones.

#### **3.4.1 Arrastreros por el costado**

Actualmente existen una gran cantidad de buques de arrastre por el costado. La eslora máxima en la que este tipo de embarcaciones es rentable es de 30 metros, para dimensiones mayores los ramperos de dos cubiertas son más beneficiosos.

La ventaja principal es la imposibilidad de que las redes o los cables del arte puedan enredarse con la hélice, circunstancia que si se puede dar en los ramperos.

En cambio, existen desventajas como: el izado del copo por el costado disminuye la estabilidad hasta situaciones críticas, la tripulación se encuentra poco segura en comparación con otras embarcaciones y no hay un buen rendimiento en la potencia del motor durante el arrastre por el costado.

La disposición general común de un arrastrero por el costado es de buques de una sola cubierta corrida, con un castillo en la zona de proa, el cual suele ser bastante alto, con el fin de proteger a la tripulación durante las faenas de pesca.

#### **3.4.2 Arrastreros con plumas transversales**

Los buques de plumas transversales se llaman así debido a las varas de grandes dimensiones que utilizan como elemento de maniobra para la red de pesca. El número de "plumas" instaladas en los buques es de dos, de las cuales salen los cables de tiro.

La hélice debe estar protegida ya que el arrastre se realiza por popa.

#### **3.4.3 Arrastreros de popa cerrada**

Los buques de arrastre con la popa cerrada poseen una única cubierta corrida que protege a la tripulación de las condiciones meteorológicas durante las operaciones de pesca.

En popa se dispone de un rodillo que sirve para facilitar el largado y virado de la red, cerca del rodillo se monta un "tambor" en la estructura de la grúa que permite estibar la red. Además, en algunos casos como el que se planteará en este proyecto, se dispone de más espacio al eliminar la bodega, esta alternativa depende de la especie objetivo.

#### **3.4.4 Buques ramperos de una sola cubierta**

A diferencia de los casos anteriores, este buque dispone de una rampa en la popa que facilita el largado y virado de la red.

Todos los demás elementos son comunes al arrastrero de popa cerrada.

Para evitar que el agua entre por la rampa, se instala una barrera abatible que en el proceso de virado de la red permite la entrada del aparejo.

#### **3.4.5 Buques ramperos de dos cubiertas**

Los buques ramperos de dos cubiertas son la opción más adecuada para esloras superiores a 30 metros. En caso de ser menor a los valores mencionados, el peso muerto disponible es muy bajo.

Las ventajas de esta embarcación recaen: en la gran seguridad que aporta a la tripulación al estar protegida durante las tareas de pesca, una mayor estabilidad durante el izado del copo y una mejor maniobrabilidad durante el arrastre.

No obstante, el buque presenta ciertos inconvenientes como: una mayor elevación del centro de gravedad, el francobordo en algunos casos puede llegar a ser muy bajo, una gran inversión inicial y una velocidad de navegación baja.

#### **3.4.6 Buques arrastreros con tangones**

Los buques de arrastre con tangones se suelen dedicar a la pesca de camarones. La eslora más común en esta modalidad varía entre los 17 y 22 metros con una potencia similar a 500 HP.

Al ser más largos los tangones que la embarcación, se posicionan en vertical. Por otra parte, la superestructura se ubica en proa junto con la cámara de máquinas, aunque esta última puede ser que se encuentre en popa.

### **3.5 Maniobras de un buque de popa cerrada**

Durante la operación de pesca se realizan diferentes etapas con una cantidad de pasos a seguir dentro de cada una. Dependiendo del tipo de buque, la cantidad de etapas y pasos variarán. Las etapas más importantes en la operación de pesca y que se aplicarán al buque proyecto son:

1. Largado del aparejo
2. Arrastre
3. Virado del aparejo
4. Manipulación de las capturas

#### **Largado del aparejo**

La maquinilla se pone en funcionamiento para liberar la red de los carreteles, se puede utilizar el mismo carretel para el cabo y el cable de tiro o se pueden separar; esta disposición afectará más adelante en el proceso de unión de las pastecas y los cables. Durante el largado se pueden producir incidencias de quedarse atrapada la red con la maquinilla.

Después de liberar la red al mar con ayuda de los rodillos de popa, se sueltan los calones, que sirven como conexión entre la red y la malleta mediante grilletes, su forma generalmente es triangular o mariposa. Una vez se ha realizado el paso anterior, se fijan pequeños rodillos cercanos y perpendicularmente al rodillo de popa, permitiendo guiar y largar la malleta adecuadamente.

En esta situación, la malleta acaba en un segmento con dos grilletes, el primero se une con el portón para ejercer el tiro, y el segundo se desconecta de la maquinilla para unirse en el lado opuesto del portón mencionado anteriormente, esto sirve como elemento de seguridad en caso de que se rompa el primero. Al no haber más malleta que liberar, se quitan los rodillos guía y se libera la puerta al largar el cableado de tiro de la maquinilla.

En caso de ser un buque con carreteles de cable de tiro diferentes a los de cabo, el cable de tiro ya se encuentra en tensión con las pastecas y los portones, entonces se puede quitar el trincado de los portones.

Durante esta etapa, las pastecas pueden recibir golpes o incluso sufrir roturas. Se recomienda vigilar las manos con estos elementos ya que pueden quedar atrapadas.

## **Arrastre**

En esta etapa se desarrolla la actividad de capturar las especies objetivo. Al necesitar una gran cantidad de energía para arrastrar las redes y los portones, el carril de pastecas y las mismas pastecas deben soportar una gran cantidad de esfuerzos. La velocidad de arrastre debe adaptarse a la especie en cuestión, siendo en este caso de 3,5 nudos.

## **Virado del aparejo**

Una vez ha terminado la tarea de arrastre, se realiza el virado de cable, donde la maquinilla gira en sentido contrario al largado del aparejo y con ayuda de rodillos estibadores cercanos a la maquinilla, se efectúa la estiba correcta de los cables. En cierto punto, se recuperan las puertas de arrastre y se aseguran al trincarse con el pescante. Se sigue el mismo proceso que en la etapa de largado del aparejo pero inversamente.

Luego, se desconecta el segmento de cabo de seguridad y la malleta de la puerta. Nuevamente, se usan los rodillos guía para virar la malleta correctamente en la maquinilla. Al finalizar el virado de la malleta aparecen los calones, en este punto se reposicionan los rodillos guía para mejorar el virado del aparejo.

Finalmente aparece el copo y debido al peso de las capturas se utilizan cabirones con los que se iza el copo a cubierta, su accionamiento suele ser hidráulico. Una vez se encuentra el copo en la cubierta, se abre y se depositan las capturas en cubierta.

## **Manipulación de las capturas**

En la misma zona donde se han depositado las capturas se seleccionan las capturas por tamaño y especie para facilitar su venta.

Durante la manipulación de las capturas, es muy posible que se esté realizando otro lance y los cables junto con las pastecas se encuentren en tensión cerca de los trabajadores.

### 3.6 Situación actual

Según los datos más recientes [8] de la Secretaría General de Pesca (2019), la flota española está formada por 8884 buques pesqueros de los cuales el 95,42% realizan las operaciones de pesca en el caladero nacional. El caladero nacional se divide en 4 partes: Mediterráneo, Golfo de Cádiz, Cantábrico NW y Canarias; de estas la importante para el proyecto es la primera zona. En el Mediterráneo hay 2316 buques de pesca y exactamente 586 como arte de pesca el arrastre.

Las principales zonas de pesca en el Mediterráneo de Gamba Roja son: Cataluña, Andalucía y la Comunidad Valenciana, donde las información que se obtiene es:

	Pesca de arrastre de fondo en el Mediterráneo				
	Nº Buques	Arqueo GT	Potencia KW	Arqueo Medio GT	Potencia Media GT
Andalucía	95	4955,52	19252,41	52,16	202,66
Cataluña	224	12216,82	43007,42	54,534	191,99
Comunidad Valenciana	207	13493,69	40823,84	65,19	197,22

Tabla 1. Datos de la pesca de arrastre de fondo en el Mediterráneo de la flota nacional

Estos datos reflejan la cantidad total de barcos de arrastre de fondo en las zonas de mayor importancia para la captura de gamba roja y que valores cercanos para arqueo y potencia que deben aproximarse.

También, la pesca de arrastre ocupa alrededor del 21% de los tripulantes de la flota española, captura más de 300.000 toneladas de las 1.015.000 que se pescan con todos los artes y tienen un valor en venta de 900 millones de euros.

Como se comentó previamente, el arte de pesca más regulado en el caladero nacional es el arrastre con el objetivo de preservar los recursos gestionado por Organizaciones Regionales de Pesca, por la Unión Europea y por España.

Un ejemplo de regulación que se ha incorporado recientemente en la flota española por parte de la Política Pesquera Común (UE) es la medida del *obligation landing* en 2014 [5], donde se prohíben los descartes y además cuentan contra la cuota o TAC (Total Admisibles de Captura), de forma que promueve la reducción del fenómeno *bycatch* o captura de especies no objetivo.

### 3.7 Especie objetivo

El buque proyecto a desarrollar tiene como objetivo principal la captura de la gamba roja del Mediterráneo con artes de pesca de arrastre.

La gamba roja o *Aristeus antennatus* es un crustáceo presente en todo el Mar Mediterráneo cuya longitud varía comúnmente entre 100 y 180 mm, se encuentra en fondos arenosos y

fangosos del talud continental medio e inferior y en los fondos batiales, es decir, en profundidades de 500 a 3.300 metros.

Al capturarlas se clasifican según su tamaño: pequeña, mediana, grande, extra. Dependiendo de las dimensiones de la gamba roja, se pueden vender en la lonja desde los 25 euros/kg al ser un tamaño pequeño hasta los 100 -130 euros/kg por ser una clasificación extra alcanzando un precio máximo en época navideña de 350 euros/kg.

Por otra parte, la situación actual de la gamba roja en el Mediterráneo es según evaluaciones que aplican análisis de cohortes de tallas y análisis de rendimiento por recluta indican que la actual mortalidad de pesca es muy próxima a lo que permite obtener el rendimiento máximo por recluta, aunque los valores de mortalidad natural son inciertos.

De acuerdo con una evaluación presentada al Subcomité de evaluación de poblaciones, la gamba roja parece estar sobreexplotada en el Mar Mediterráneo occidental y se recomienda una reducción del esfuerzo. [5]

Sin embargo, en 2008 el Consejo Superior de investigaciones científicas determinó que la escasez de la gamba roja en los caladeros del Mar Mediterráneo es consecuencia de un fenómeno conocido por “cascadas submarinas”, corrientes de agua muy fuertes y rápidas generadas por la acción del viento que arrastran las gambas a mayor profundidad, zonas de no acceso por las redes de los buques de arrastre. Este fenómeno actúa como veda natural y ayuda a reducir la sobreexplotación.

### **3.7.1 Especialización en los puertos**

Los buques de pesca de arrastre comenzaron a capturar la gamba roja en los años 20 en Palamós [2] y en los años 60 en Garrucha [3]. Hasta entonces, también en años posteriores, formaban parte de la flota traíñas, palangres y numerosos barcos de artes menores.

Con el paso de los años y de forma paulatina, causan baja en el censo de la flota, embarcaciones que dejan de ser rentables o que no encuentran relevo generacional. Como consecuencia, la flota de garrucha se especializa en la captura de la gamba roja y la de Palamós parcialmente.

En estos puertos, la facturación de sus cofradías se debe principalmente al oro rojo, llegando a alcanzar el 50% solamente con este recurso. La economía de estos pueblos [9] dependen de esta joya delicatessen que genera anualmente entre 3 y 5 millones de euros en cada puerto.



### 3.8 Efectos del arrastre

#### 3.8.1 Negativos

Tal y como se ha mencionado en los apartados anteriores, la pesca de arrastre es un arte de pesca que barre el fondo del mar en busca de especies como gambas, calamares o peces roca. Este arte genera un gran impacto medioambiental al arrastrar algas, rocas y corales del fondo marino, los cuales son zonas de reproducción y cobijo para los peces.

En grandes profundidades, las plantas y animales son de crecimiento lento y tardan años en llegar a su forma adulta. Esto significa que cualquier cambio tiene consecuencias a largo plazo, y la pesca de arrastre es responsable del colapso de algunas especies marinas.

Otro efecto negativo es el descarte o pesca incidental debido a que se capturan especies marinas que no son objetivo pudiendo descartar entre el 15-70% de las capturas, esto afecta a tortugas, delfines, tiburones, pequeñas ballenas y a ejemplares que no cumplen con la talla mínima. Además, los descartes se pueden llevar a cabo en especies con valor comercial, pero que en ese momento no tienen cuota o no es su época de pesca.

También recalcar, que en países de Asia utilizan venenos o explosivos para facilitar el proceso de captura.

#### 3.8.2 Positivos

La pesca de arrastre también tiene efectos beneficiosos para el medio donde opera [7], ya que en dosis adecuadas favorece la remoción de los sustratos del fondo marino, situando la materia orgánica a disposición de los seres vivos que habitan en el medio, ya que en profundidades donde apenas llega la luz solar produce un aporte de nutrientes, descubriendo larvas, gusanos o pequeños crustáceos que sirven de alimento a otras especies y que podrían quedar solapadas por efecto de las corrientes o la sedimentación de los aportes terrestres.

Por otro lado, la Política Pesquera Común (PPC), cuya organización cubre la conservación, gestión y explotación de los recursos marinos, está tomando medidas cada vez más restrictivas para combatir los efectos negativos de la pesca de arrastre entre otros, esto se debe a que no existen evidencias científicas que garanticen la seguridad del ecosistema respecto a las pesquerías.

Del año 2015 hasta el 2020 se ha implantado de forma progresiva la nueva medida de la PPC [6], el *landing obligation*, la erradicación de la práctica de tirar peces por la borda. Hasta la introducción de esta norma, existía la obligación de devolver al mar las especies que no se tenía permiso de captura. Sin embargo, con la nueva normativa, se debe llevar todo a puerto, contando contra la cuota en caso de no ser selectivas.

Los peces que no cumplen con la talla mínima no se pueden comercializar para el consumo humano directo, mientras que las especies prohibidas no se pueden retener a bordo y deben devolverse al mar. Eso sí, los descartes de especies prohibidas deben registrarse en el libro de registro siendo importante para generar una base científica para el monitoreo de estas especies.

La Unión Europea confía en que estas medidas ayudarán a las pesquerías a ser mucho más selectivas con las capturas, evitando un gran impacto ambiental en los ecosistemas marinos.

#### **4. Reglamentación Nacional e Internacional**

Todo buque debe construirse en base a una normativa Nacional e Internacional junto con la propia de las Sociedades de Clasificación. Al desarrollarse el proyecto en España, se deben cumplir los requisitos de las Sociedades de Clasificación y los Convenios Internacionales, ya que España no cuenta con un reglamento de construcción propio. Sin embargo, se debe tener en cuenta las exigencias de Seguridad que propone el país.

La normativa que se debe cumplir en el desarrollo de un buque pesquero es:

- Legislación nacional
- Legislación internacional

##### **4.1 Legislación nacional**

Real Decreto 1549/2009, de 9 de octubre, sobre ordenación del sector pesquero y adaptación al Fondo Europeo de Pesca.

Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).

Real Decreto 1216/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo a bordo de buques de pesca.

Real Decreto 963/2013, de 5 de diciembre, por el que se fijan las tripulaciones mínimas de seguridad de los buques de pesca y auxiliares de pesca y se regula el procedimiento para su asignación.

Real Decreto 809/1999, de 14 de mayo, por el que se regulan los requisitos que deben reunir los equipos marinos destinados a ser embarcados en los buques.

Real Decreto 1440/1999, de 10 de septiembre, por el que se regula el ejercicio de la pesca con artes de arrastre de fondo en el caladero nacional del Mediterráneo.

Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles.

## **4.2 Legislación internacional**

Reglamento internacional para prevenir abordajes, 1972.

Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, hecho en Londres, 1969.

Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973.

## Bibliografía

- [1] UPC. Apuntes del profesor Julián Sánchez Sánchez en *Explotación de recursos marinos*, 2019.
- [2] TV3. « *La gamba, un cas de pesca sostenible* », 2014. [Consultado el 01/07/2020]  
Disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=xRMR3y8Gz4>
- [3] Asociación de Desarrollo pesquero Costa de Almería. « *Por la mar chica del puerto, Garrucha* », 2019. [Consultado el 01/07/2020]  
Disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=BjQ6aFOL0rE>
- [4] Revista de Ingenieros Navales de España. . « *Hidrodinámica de las artes de pesca* », 1987. [Consultado el 01/07/2020]  
Disponible en:  
<https://sectormaritimo.es/wp-content/uploads/1990/199002.pdf>
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. « *Área estadística 37 de la FAO* ». [Consultado el 02/07/2020]  
Disponible en:  
<http://www.fao.org/3/Y5852S04.htm#note2.1>
- [6] Comisión Europea. « *Política pesquera común de la UE* », 2019. [Consultado el 03/07/2020]  
Disponible en:  
[https://ec.europa.eu/spain/news/20191115\\_eu-common-fisheries-policy-towards-sustainability\\_es#:~:text=La%20Pol%C3%ADtica%20Pesquera%20Com%C3%BAn%20\(P,amenaza%20para%20el%20medio%20ambiente.](https://ec.europa.eu/spain/news/20191115_eu-common-fisheries-policy-towards-sustainability_es#:~:text=La%20Pol%C3%ADtica%20Pesquera%20Com%C3%BAn%20(P,amenaza%20para%20el%20medio%20ambiente.)
- [7] Confederación Española de Pesca. « *El arrastre: Arte de pesca sostenible* », 2015. [Consultado el 03/07/2020]  
Disponible en:  
<http://cepesca.es/wp-content/uploads/2018/05/18.12.15-El-arrastre-arte-de-pesca-sostenible-preguntas-y-respuestas.pdf>

- [8] Secretaría General de Pesca. « *La flota española* », 2019.  
[Consultado el 03/07/2020]

Disponible en:

[https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/registro-flota/la-flota-espanola-situacion-a-31-12-2019\\_tcm30-525563.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/registro-flota/la-flota-espanola-situacion-a-31-12-2019_tcm30-525563.pdf)

- [9] Gamba de palamós. « *La pesca de la gamba roja de palamós* » [Consultado el 04/07/2020]

Disponible en:

<https://www.gambadepalamos.com/es/las-pesca.html>

- [10] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 1**

### **Dimensionamiento**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía





# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
LISTA DE TABLAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
<b><u>2 BASE DE DATOS</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
2.1 FIABILIDAD DE LOS RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.1 GRÁFICA ESLORA TOTAL - CALADO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.2 GRÁFICA ESLORA TOTAL - POTENCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.3 GRÁFICAS RESTANTES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2 NUEVA BASE DE DATOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b><u>3. ESTIMACIÓN DEL PESO MUERTO, DESPLAZAMIENTO Y PESO EN ROSCA</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
3.1 PESO MUERTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2 DESPLAZAMIENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3 PESO EN ROSCA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b><u>4 ESTIMACIÓN DE LAS DIMENSIONES</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
4.1 ESTIMACIÓN POR J.J GRÁVALOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2 ESTIMACIÓN POR REGRESIÓN LINEAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.1 ESTIMACIÓN DE LA MANGA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.2 ESTIMACIÓN DEL CALADO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.3 ESTIMACIÓN DEL PUNTAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.4 ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b><u>5. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
5.1 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2 BUQUE BASE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b><u>6. ESTIMACIÓN DE LA AUTONOMÍA</u></b>	<b><u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u></b>
6.1 CALADEROS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1.1 PALAMÓS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1.2 GARRUCHA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2 TRAYECTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**7. ELECCIÓN DE MOTOR Y CONSUMO** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

---

**8. BODEGA Y CAPTURAS** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

---

**9 COEFICIENTES DE FORMA Y POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

---

<b>9.1 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE BLOQUE</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1.1 MÉTODO DE ALEXANDER	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1.2 MÉTODO DE TOWNSIN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1.3 MÉTODO DE SCHNEEKLUTH	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1.4 MÉTODO DE AYRE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1.5 MÉTODO DE KERLEN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>9.2 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE LA MAESTRA</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.2.1 MÉTODO DE KERLEN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.2.2 MÉTODO DE HSVA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.2.3 MÉTODO DE MEIZOSO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>9.3 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE PRISMÁTICO</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.3.1 GRÁFICO DE H.E. SAUNDERS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>9.4 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DEL ÁREA DE FLOTACIÓN</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.4.1 MÉTODO SCHNEEKLUTH	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.4.2 MÉTODO TORROJA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.4.2 MÉTODO PARSON	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>9.5 ESTIMACIÓN DE LA POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**10 COMPROBACIÓN INICIAL DE LA ESTABILIDAD** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

---

**BIBLIOGRAFÍA** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

---

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. ESLORA TOTAL-CALADO PREVIO .....</b>	<b>5</b>
<b>FIGURA 2. ESLORA TOTAL-CALADO PREVIO .....</b>	<b>5</b>
<b>FIGURA 3. ESLORA TOTAL-POTENCIA PREVIA.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 4. ESLORA TOTAL-POTENCIA.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 5. ESLORA TOTAL-CALADO.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 6. ESLORA TOTAL-ARQUERO BRUTO .....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 7. ESLORA TOTAL-ESLORA TOTAL.....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 8. RELACIÓN DE LA MANGA - ESLORA TOTAL.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 9. RELACIÓN DE LA CALADO - ESLORA TOTAL .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 10. RELACIÓN ESLORA TOTAL-PUNTAL.....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 11. RELACIÓN POTENCIA – ESLORA TOTAL .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 12. CALADORES DE PALAMÓS.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 13. CALADERO DE ROSTOLL .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 14. CALADERO DE SANT SEBASTIÁ .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 15. CALADERO DE LLEVANT .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 16. CALADERO DE VERÍN .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 17. CALADERO CANTO POTE .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 18. CALADERO CANTO NUEVO.....</b>	<b>27</b>

<b>FIGURA 19. DISTANCIA AL CALADERO DE DÉNIA .....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 20. CAPTURAS EN EL PUERTO DE GARRUCHA .....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 21. COEFICIENTE PRISMÁTICO LONGITUDINAL .....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 22. ESTABILIDAD INICIAL .....</b>	<b>41</b>

## **Lista de tablas**

<b>TABLA 1. BASE DE DATOS I .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 2. BASE DE DATOS II .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 3. BASE DE DATOS IV .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 4. BASE DE DATOS IV .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 5. PESOS ESPECÍFICOS DE LOS LÍQUIDOS PRESENTES A BORDO .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 6. DENSIDAD DE LAS CAPTURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 7. PESO MUERTO .....</b>	<b>12</b>
<b>TABLA 8. CONDICIONES DE CARGA .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 9. RELACIONES PESO MUERTO-DESPLAZAMIENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 10. RELACIÓN MANGA-PUNTAL .....</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 11. DIMENSIONES ALTERNATIVAS I .....</b>	<b>20</b>
<b>TABLA 12. DIMENSIONES ALTERNATIVAS II .....</b>	<b>22</b>
<b>TABLA 13. ALTERNATIVA ESCOGIDA .....</b>	<b>22</b>
<b>TABLA 14. CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE BASE .....</b>	<b>23</b>
<b>TABLA 15. DISTANCIAS DEL PUERTO DE PALAMÓS HASTA LOS CALADEROS .....</b>	<b>24</b>
<b>TABLA 16. DISTANCIAS DEL PUERTO DE PALAMÓS HASTA LOS CALADEROS .....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA 17. CAPTURA DIARIA .....</b>	<b>30</b>

## **1. Introducción**

Ante el desarrollo del buque pesquero, el armador determina qué características debe incorporar el buque que ayudan como base para la realización del proyecto. Estos pueden ser entre otros:

- Arte de pesca a emplear
- Localización de los caladeros y del puerto base
- Capturas diarias
- Velocidad requerida

Durante el presente trabajo existen ciertas consideraciones a tener en cuenta:

- Utilizar equipos y dispositivos homologados con eficacia probada
- Aprovechar el mayor espacio posible
- Tender el desarrollo del proyecto a buques ya construidos para validar el resultado del mismo
- Adaptar el buque de pesca a la especie objetivo
- Optimizar y reordenar el espacio en cubierta para considerar la seguridad y prevención de riesgos laborales durante las operaciones de pesca, ya que debido a las grandes dimensiones de la maquinaria instalada a bordo, se reducen considerablemente las zonas de tránsito en la cubierta de trabajo.

El objetivo de este trabajo es realizar un buque pesquero arrastrero al fresco con popa cerrada para la captura en el Mar Mediterráneo de un crustáceo de alto valor comercial, la gamba roja. El buque será proyectado cumpliendo con la Legislación Española y el reglamento de la Sociedad de Clasificación American Bureau of Shipping.

Las exigencias del armador son:

- No disponer de una bodega ya que las capturas alcanzan solamente los 150 kilogramos como máximo, prefiriendo instalar una nevera de almacenaje de las cubetas en la cubierta principal
- Velocidad de 14 nudos al 85% MCR. Este factor es de gran importancia ya que es común que los buques de pesca de gamba roja compartan el mismo caladero con otros 10 barcos aproximadamente, de forma que la velocidad es un parámetro relevante ya que permite al buque escoger el caladero de mayor interés, teniendo en cuenta los tiempos de descanso de cada caladero y aumentando las probabilidades de captura de gambas rojas de gran calidad. Los buques de baja velocidad deben adaptar su recorrido al de los demás, ya que deben respetar la posición de los más veloces.
- Espacio para 4 Tripulantes. Antiguamente, era común que la tripulación de los buques pesqueros de gamba roja estuviese formada por 9 marineros. No obstante, el avance de las tecnologías ha influido en la reducción de la plantilla hasta la mínima posible que permite la normativa, que en este caso es de 4 tripulantes.
- <24 metros de eslora

El proceso en el Cuadernillo 1 es el siguiente:

- Se crea una base de datos con barcos cuyas características sean similares al buque a desarrollar.
- Con los datos obtenidos se elaboran las curvas de regresión.
- Los valores que disciernen en gran medida de la base de datos serán discriminados ya que se deben a diseños de buques que requieren ciertas necesidades y distan del grupo debido a su unicidad.
- De las curvas de regresión se generarán varias alternativas según la dimensión principal de interés y se generarán automáticamente las demás. Luego, se estudiarán los datos obtenidos en base a la estabilidad, maniobrabilidad, espacio mínimo requerido en la cubierta de trabajo y; costes y ventajas de cada dimensión espacial.
- Se escogerá un buque base cuyas características sean similares al buque proyecto, esta embarcación servirá como referencia tanto para las formas como para la disposición general.
- Se realizará el cálculo de las dimensiones principales del buque basándonos en el análisis estadístico y las formulaciones antes comentadas.



## 2 Base de datos

En la base de datos se almacena la información de buques con características similares al buque proyecto de forma que los resultados obtenidos sirvan para dimensionarlo posteriormente.

Las principales características que deben compartir los buques para la base de datos son:

- Buque pesquero arrastrero
- Dedicarse exclusivamente a la pesca de la gamba roja

Con estos parámetros se establece una búsqueda exhaustiva consultando en astilleros y en páginas del Ministerio de agricultura, pesca y alimentación [1][3]; y se obtiene la siguiente base de datos:

Nombre	Eslora total	Manga	Calado	GT	Puntal
Mediterranium	24,97	6	-	89,3	-
Sol Tercer	26,2	6,25	3,5	99,99	3,32
Galindo Gea	24,6	6	2,4	90,76	3,19
Bahía de garrucha	23	5,5	2,5	87,65	2,93
La Mar Serena	24,07	6	2,7	83,25	3,19
Cervantes B	23	5,75	3	74,26	3,06
Guapo C	24,9	6	3	110,39	3,19
El playazo	24	6	3,3	103	3,19
Nuevo Chaparro	21,7	5,35	2,5	66	2,85
Medan	25,05	6	3,6	100,13	3,19
Bahía de carboneras	25,4	-	-	93,61	-
El plaza azul	22	5,75	-	91,09	3,06
Lorenzo y fina	22,25	5,75	2,4	74,8	3,06
Mandorri	28	7	4	126,96	3,72
Bonomar F	27,31	7	4,5	118,79	3,72
Port de roses	27,37	7	4,5	116,89	3,72
Puig Naulos	26,9	7	4	122,34	3,72

Tabla 1. Base de datos I

Nombre	V media	V max	kw	cv	Casco
Mediterranium	6,9	10,3	323,62	440	Poliester
Sol Tercer	4,8	11,3	367,75	500	Poliester
Galindo Gea	5,4	10,6	305,97	416	Poliester
Bahía de garrucha	4,7	10,2	132,39	180	Poliester
La Mar Serena	4,8	9,2	305,97	416	Poliester
Cervantes B	4,7	10,2	143,42	195	Poliester
Guapo C	4,6	8,9	312,59	425	Poliester
El playazo	4,8	9,2	209,62	285	Poliester
Nuevo Chaparro	4,4	9,2	257,42	350	Poliester
Medan	6	11,6	367,75	500	Poliester
Bahía de carboneras	8,8	10,8	354,23	475	Poliester
El plaza azul	5	5	158,87	216	Poliester
Lorenzo y fina	7,3	11,4	137,54	187	Poliester
Mandorri	4,6	9,1	544,27	740	Acero
Bonomar F	4,1	8,1	532,74	715	Poliester
Port de roses	6,3	12,7	512,2	670	Poliester
Puig Naulos	6,5	12,6	490,89	660	Acero

Tabla 2. Base de datos II

## 2.1 Fiabilidad de los resultados

La información obtenida se debe analizar para que en el posterior análisis por regresión lineal se generen coeficientes de correlación altos. Esta limitación depende principalmente de la información disponible y del proyecto a realizar, como en los astilleros se pretende garantizar el éxito del buque, el coeficiente de correlación debe tener un mínimo de 0,96. En este proyecto se establece un mínimo de 0,7 para que los datos se consideren fiables.

Con la intención de generar las rectas de regresión con una base de datos de buques de pesca de gamba roja común, se discriminan los buques con características únicas que se requieren para sus necesidades en particular. De forma que se elevan los valores del coeficiente de correlación.

### 2.1.1 Gráfica Eslora total - Calado

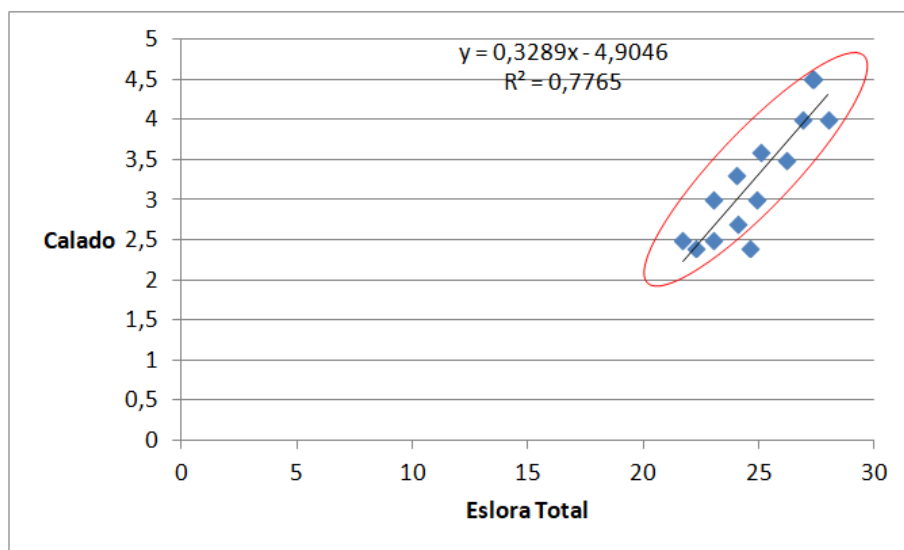


Figura 1. Eslora total-Calado previo

Tal y como se puede observar en el gráfico, el buque Galindo Gea presenta un calado diferente al resto, el cual se valora como dato no fiable. Verificando la medida mencionada anteriormente, al eliminar los datos de este buque debería aumentar el coeficiente de correlación y por tanto la fiabilidad.

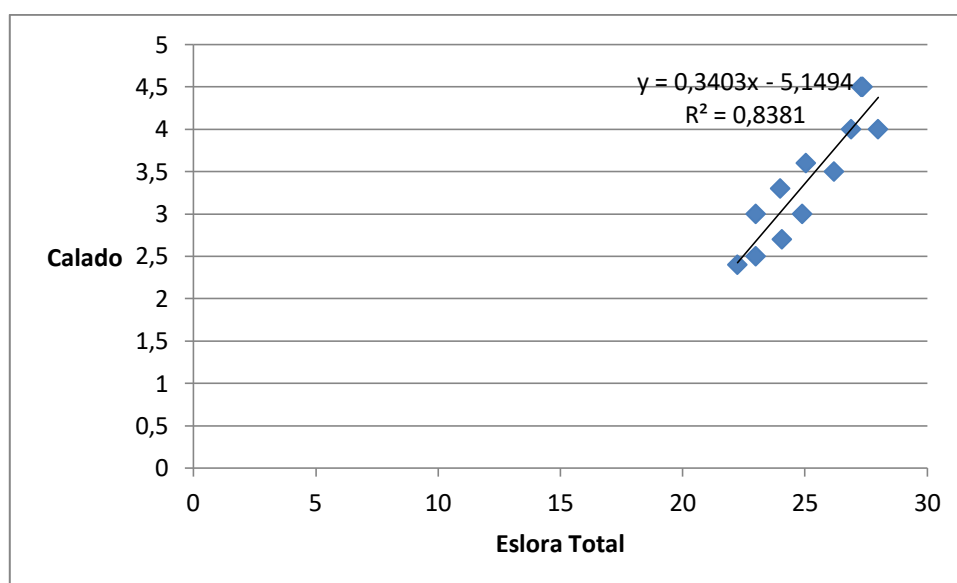


Figura 2. Eslora total-Calado previo

En efecto, el buque Galido Gea modificaba negativamente la base de datos.

### 2.1.2 Gráfica Eslora total - Potencia

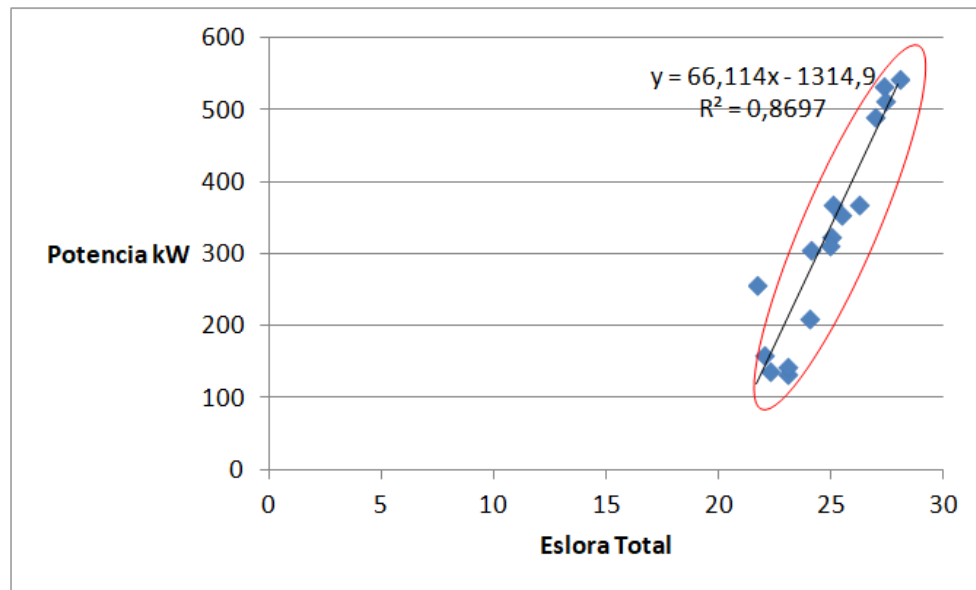


Figura 3. Eslora total-Potencia previa

Una vez más, analizando el gráfico se observa un valor que destaca por no encontrarse cerca de la recta de regresión, el buque en cuestión es el Nuevo Chaparro, la potencia instalada es inferior a la habitual.

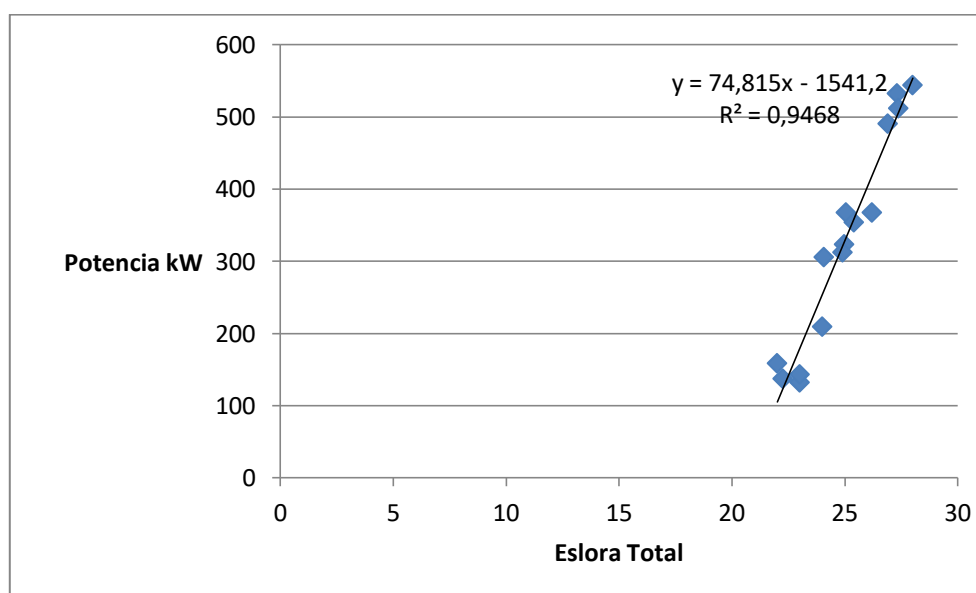


Figura 4. Eslora total-Potencia

Al haberse eliminado, se ha aumentado el coeficiente de correlación desde 0,87 hasta 0,94.

### 2.1.3 Gráficas restantes

Las demás gráficas a mostrar son necesarias para analizar la base de datos, pero debido a la adecuación y selección de la muestra estadística, el resto de gráficas obtienen un valor de correlación alto que no requieren menciones específicas:

- **Eslora total-Calado**

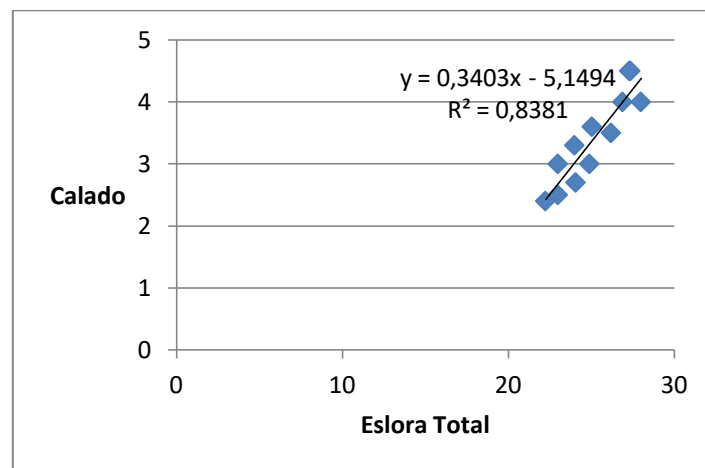


Figura 5. Eslora total-Calado

- **Eslora total-Arqueo bruto**

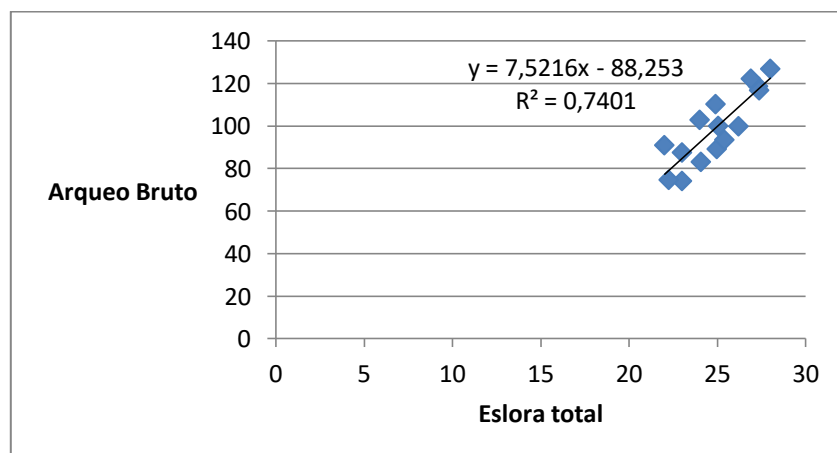


Figura 6. Eslora total-Arqueo bruto

- **Eslora total-Puntal**

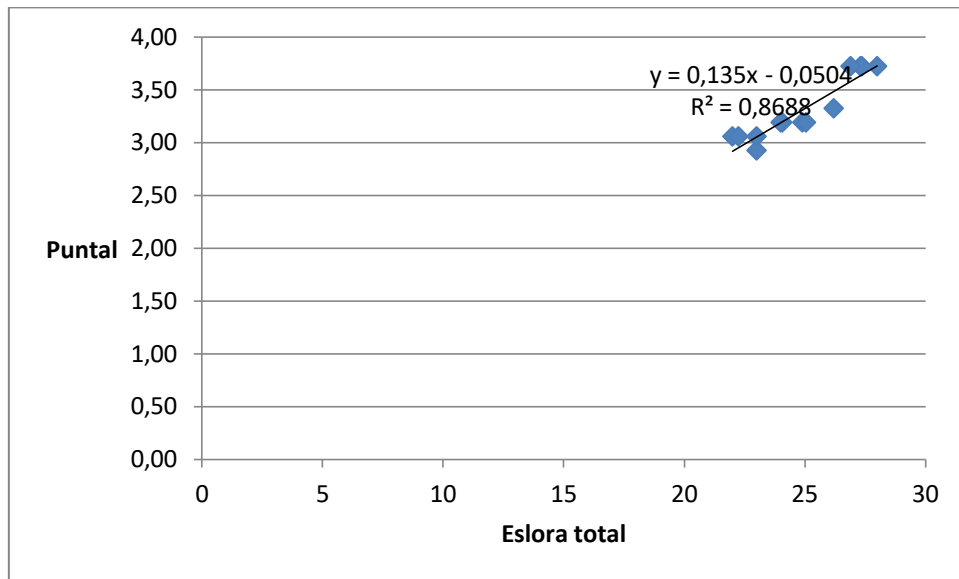


Figura 7. Eslora total-Eslora total

Debido a que no se han observado más datos fuera de lo común, solamente se han eliminado los buques: Galindo Gea y Nuevo Chaparro. Las gráficas que se han observado presentan una mejora del coeficiente de correlación con un mínimo del 0,7 y se utilizarán más adelante en la estimación de las dimensiones principales del buque proyecto.

## 2.2 Nueva base de datos

Finalmente, la base de datos se ha modificado ligeramente quedando de la siguiente manera:

Nombre	Eslora total	Manga	Calado	GT	Puntal
Mediterranium	24,97	6	-	89,3	-
Sol Tercer	26,2	6,25	3,5	99,99	3,32
Bahía de garrucha	23	5,5	2,5	87,65	2,93
La Mar Serena	24,07	6	2,7	83,25	3,19
Cervantes B	23	5,75	3	74,26	3,06
Guapo C	24,9	6	3	110,39	3,19
El playazo	24	6	3,3	103	3,19
Medan	25,05	6	3,6	100,13	3,19
Bahía de carboneras	25,4	-	-	93,61	-
El plaza azul	22	5,75	-	91,09	3,06
Lorenzo y fina	22,25	5,75	2,4	74,8	3,06
Mandorri	28	7	4	126,96	3,72
Bonomar F	27,31	7	4,5	118,79	3,72
Port de roses	27,37	7	4,5	116,89	3,72
Puig Naulos	26,9	7	4	122,34	3,72

Tabla 3. Base de datos III

Nombre	V media	V max	kw	cv	Casco
Mediterranium	6,9	10,3	323,62	440	Poliester
Sol Tercer	4,8	11,3	367,75	500	Poliester
Bahía de garrucha	4,7	10,2	132,39	180	Poliester
La Mar Serena	4,8	9,2	305,97	416	Poliester
Cervantes B	4,7	10,2	143,42	195	Poliester
Guapo C	4,6	8,9	312,59	425	Poliester
El playazo	4,8	9,2	209,62	285	Poliester
Medan	6	11,6	367,75	500	Poliester
Bahía de carboneras	8,8	10,8	354,23	475	Poliester
El plaza azul	5	5	158,87	216	Poliester
Lorenzo y fina	7,3	11,4	137,54	187	Poliester
Mandorri	4,6	9,1	544,27	740	Acero
Bonomar F	4,1	8,1	532,74	715	Poliester
Port de roses	6,3	12,7	512,2	670	Poliester
Puig Naulos	6,5	12,6	490,89	660	Acero

Tabla 4. Base de datos IV

### 3. Estimación del peso muerto, desplazamiento y peso en rosca

El predimensionamiento del buque viene definido principalmente por el desplazamiento, este valor inicialmente se estima ya que no está facilitado en el enunciado del proyecto.

El desplazamiento por definición de la FAO [4] (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y siguiendo el Principio de Arquímedes, es el volumen de agua desplazada por el buque.

Los métodos de obtención de la estimación del desplazamiento son:

- Relaciones adimensionales de estudios previos realizados por canales de experiencias y astilleros.
- Regresión lineal de la base de datos del proyecto

El procedimiento a seguir es la primera opción ya que en la base de datos no se ha obtenido información acerca del desplazamiento y peso en rosca de los buques.

#### 3.1 Peso Muerto

La FAO [4] define el peso muerto como el peso real en toneladas que un buque puede transportar cuando está cargado hasta el calado máximo admisible incluyendo combustible, agua dulce, suministros, captura y tripulación.

Con el objetivo de calcular el peso muerto, se aplica la definición de la FAO [4] junto con las consideraciones del Real Decreto 543/2007 [12].

En el apartado 3 del Anexo II. Estabilidad y francobordo del Real Decreto 543/2007 [12], se consideran los siguientes aspectos para las condiciones de carga:

- Redes y elementos auxiliares a utilizar en las faenas de la embarcación, tener en cuenta un margen del 15% en el peso de las redes por estar mojadas.
- El peso de la tripulación y sus efectos se estimará en 100 kg por tripulante.
- Pesos específicos ( $\text{ton/m}^3$ ) para los líquidos presentes a bordo :

Agua Salada	1,025
Agua Dulce	1,0
Fuel Oil	0,94-0,95
Diesel Oil	0,835-0,935
Aceite Lubricante	0,885-0,935

Tabla 5. Pesos específicos de los líquidos presentes a bordo



- Densidades de las capturas (entre otros):

Marisco congelado en cajas	0,38
Arenques en cajas	0,45
Pescado al fresco	0,62
Pulpo	0,75
Choco congelado en cajas	0,65

Tabla 6. Densidad de las capturas

A parte de los aspectos a tener en cuenta por el Real Decreto [12], existen diferentes elementos que componen el peso muerto:

- Combustible; Este valor es un adelanto del apartado de "Consumo de combustible" y de la estimación de la potencia por regresión lineal, siendo de 3,723 toneladas .
- Aceite: El aceite se estima en el 4% del combustible.

$$\text{Peso aceite} = 0,04 * \text{Peso combustible}$$

$$\text{Peso aceite} = 0,04 * 3,723 \text{ toneladas} = 0,15 \text{ toneladas}$$

- Cable de arrastre: Este tipo de barcos necesita una gran cantidad de cable debido a que la gamba roja se encuentra entre 500 y 3300 metros y la profundidad en la que se cala, dependiendo del lugar, oscila entre los 500 y 800 metros. La longitud de cable será de 800 metros por lo que se estima un peso de 900 kg.
- Malleta: Se estima una longitud de la malleta en 100 metros al usarse un cable de arrastre de 800 metros, por lo que el peso aproximado de la malleta es de 150 kg.
- Puertas de arrastre: El peso de este elemento varía dependiendo de su diseño, para este buque se instalarán puertas de arrastre ovaladas cuyo comportamiento con el fondo es excelente, su peso oscila entre los 200 y 500 kg, en este caso se asume un peso de 300 kg.
- Grilletes y elementos de maniobra: Los elementos de unión entre las redes, malleta, cable y puertas de arrastre se realiza mediante grilletes y calones, se estima un peso de 300 kg.

- Tripulación: Como se ha mencionado en el Real Decreto 543/2007 [12], se estima un peso de 100 kg por tripulante, al haber 4 tripulantes en el buque, el peso total es de 400 kg.
- Víveres: Se estima en 5 kg al día por persona, como es un barco de retorno diario, el peso total de los víveres es de:

$$\text{Peso víveres} = 5 \text{ kg} * \text{día} * \text{núm. tripulantes} = 5 \text{ kg} * 1 * 4 = 20 \text{ kg}$$

- Agua dulce: Se puede estimar un consumo de agua dulce de 50 litros por tripulante y día.

$$\text{Peso agua dulce} = 50 \text{ litros} * \text{tripulante} * \text{día} = 50 \text{ litros} * 4 * 1 = 200 \text{ litros}$$

Debido al poco consumo de agua y el retorno a puerto diariamente, no se instalará un generador de agua dulce y se utilizarán tanques de almacén de agua dulce.

- Capturas: El peso de las capturas se ha calculado en el apartado de “Capturas” donde se estima un peso máximo por capturas de 150 kg.
- Nevera: Se instalará una nevera en la cubierta principal para almacenar el hielo en forma de escamas y las cubetas con las capturas, se estima un peso de la nevera de 100 kg.
- Hielo: 130 kg.

Todo lo antes mencionado se resume en:

	Valores
Combustible	3723
Aceite	150
Cable de arrastre	900
Malleta	150
Puertas de arrastre	300
Grilletes y otros	300
Tripulación	400
Víveres	20
Agua dulce	200
Capturas	150
Nevera	100
Hielo	130
Total (kg)	6523

Tabla 7. Peso muerto

Durante las pruebas de estabilidad hay que tener en cuenta las diferentes condiciones de carga:

1. “Salida de puerto” con el total de combustible, provisiones, hielo, aparejos de pesca, etc.
2. “Salida de caladero” completo de pesca y con el 35% de combustible, provisiones, etc.
3. “Llegada a puerto” con el 10% de provisiones, combustible, etc. y completo de pesca.
4. “Llegada a puerto” con el 10% de provisiones, combustible, etc. y el 20% de la pesca.

Los valores para cada caso son:

º	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
Combustible	3723	1303,05	372,3	372,3
Aceite	150	52,5	15	15
Cable de arrastre	900	900	900	900
Malleta	150	150	150	150
Puertas de arrastre	300	300	300	300
Grilletes y otros	300	300	300	300
Tripulación	400	400	400	400
Víveres	20	7	2	2
Agua dulce	200	70	20	20
Capturas	0	150	150	30
Nevera	100	100	100	100
Hielo	130	45,5	13	13
<b>Total (kg)</b>	<b>6373</b>	<b>3778,05</b>	<b>2722,3</b>	<b>2602,3</b>

Tabla 8. Condiciones de carga

Se escoge el valor máximo de las cuatro condiciones como peso muerto; **6,373 toneladas**.

### 3.2 Desplazamiento

En el estudio “Proyecto de buques pesqueros” del ingeniero naval J.J.Grávalos [2], se muestra una tabla con relaciones peso muerto-desplazamiento dependiendo del tipo de buque:

Tipo de buque	$\frac{V}{\sqrt{L}} = 0,8$	$\frac{V}{\sqrt{L}} = 1$	Tipo de buque	$\frac{V}{\sqrt{L}} = 0,9$	$\frac{V}{\sqrt{L}} = 1$
Congelador por popa	0,525	0,435	Buques de bajura	-	0,46
Congeladores clásicos	-	0,465	Atuneros palangreros	0,495	0,465
Buque al fresco	-	0,485	Atunero de cerco	0,475	0,45
Bacaladeros clásicos	-	0,5	Sardineros y anchoveteros	-	0,49
Bacaladeros por popa	0,54	0,47	Buques mixtos	-	0,465

Tabla 9. Relaciones peso muerto-desplazamiento

Como el buque proyecto es un arrastrero al fresco, la relación es:

$$\frac{\text{Peso muerto}}{\text{Desplazamiento}} = 0,485$$

Sustituyendo el resultado previamente calculado del peso muerto, se obtiene que el desplazamiento estimado es de:

$$\frac{7673}{\text{Desplazamiento}} = 0,485$$

$$\text{Desplazamiento} = 15820.62 \text{ kg}$$

### 3.3 Peso en rosca

El peso en rosca es el peso real de la embarcación cuando está terminado y listo para servicio, pero se encuentra vacío, ya que se excluye la carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos. En este valor se tienen en cuenta los fluidos en equipos y en tuberías.

Como el peso en rosca se relaciona directamente entre el desplazamiento y el peso muerto, se calcula fácilmente:

$$\text{Desplazamiento} = \text{Peso muerto} + \text{Peso en rosca}$$

$$\text{Peso en rosca} = \text{Desplazamiento} - \text{Peso muerto}$$

$$\text{Peso en rosca} = 15820.62 - 7673 = \mathbf{8147.62 \text{ kg}}$$

El valor real del peso en rosca no se conocerá exactamente hasta la botadura.

## 4 Estimación de las dimensiones

El dimensionamiento de un buque está definido por variables, cuya importancia de las mismas depende del tipo de buque y su interés en el procedimiento, y los resultados se pueden obtener por varios métodos:

- Estudios de ingenieros navales
- Regresiones lineales

El método de estudios por ingenieros navales es una opción en la que las relaciones de dimensionamiento han sido definidas por bases de datos, el uso del mismo depende del año

de publicación, ya que al evolucionar las formas, dimensionamiento y disposición; esas relaciones pueden quedar obsoletas.

Las variables de interés de los buques en la base de datos son:

- Eslora total
- Manga
- Calado
- Arqueo bruto
- Potencia

#### **4.1 Estimación por J.J Grávalos**

El Ingeniero naval J.J. Grávalos publicó el artículo "proyecto de buques pesqueros" en "La Revista Técnica de la Asociación de Ingenieros Navales" [2] donde presenta un proceso más simplificado de determinación de las dimensiones del buque con ayuda de una base de datos de buques existentes en el año 1968. Inicialmente establece las consideraciones previas al proyecto de un buque pesquero, fija variables como el tonelaje, desplazamiento y peso en rosca en base a gráficas que relacionan los valores de la base de datos de buques de la época y presenta relaciones de eslora, manga, francobordo y puntal dependiendo del servicio que presta el buque.

A pesar de la información facilitada por J.J. Grávalos, las relaciones entre las variables están definidas mayoritariamente con una eslora de 25 hasta los 70 metros, cuya limitación no coincide con las restricciones del armador al establecer un límite de <24 metros. No obstante, aunque no es un proceso que se pueda seguir y realizar por el inconveniente mencionado, existe información puntual sobre las dimensiones que se usará para facilitar el dimensionamiento del barco. Un ejemplo es la estimación del desplazamiento en el apartado 1.3.2.

#### **4.2 Estimación por regresión lineal**

La regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables, que junto con la ecuación de la regresión y el coeficiente de determinación; se determina la "calidad" de la información. En caso de que los valores entre los buques de la base de datos sean distantes, el coeficiente de determinación será bajo. De forma que, la base de datos debe realizarse con buques similares y con el mismo propósito que el buque proyecto.

A diferencia de otros proyectos, el armador no define el buque de interés con una dimensión en particular sino en un rango de posibilidades de < 24 metros de eslora con una eficiencia relevante del buque para el servicio que va a prestar. De forma que, al utilizar la base de datos

de buques que capturan exclusivamente la gamba roja, se generará una gran cantidad de alternativas según la eslora total y se escogerá la más adecuada en base a relaciones como L/B y B/T, cuya información es determinante para conocer la maniobrabilidad y estabilidad del barco.

#### 4.2.1 Estimación de la manga

Para estimar el valor de la manga se relaciona la eslora total con la manga de los buques mediante una regresión lineal.

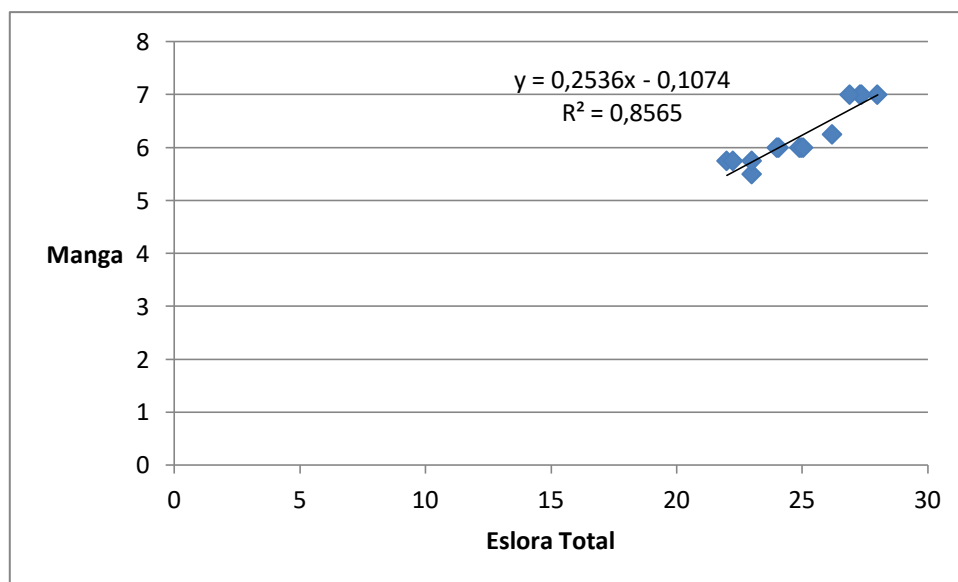


Figura 8. Relación de la Manga - eslora total

Tal y como se puede observar, la variación de la manga respecto la eslora se considera aceptable ya que la correlación de regresión es superior a 0,7. Como se ha comentado previamente, este valor límite depende de la importancia del proyecto y la fiabilidad que se requiere de la base de datos. Debido a que la información disponible acerca de los buques de arrastre de fondo en el Mar Mediterráneo es muy escasa, no se ha limitado el proyecto respecto a un valor de correlación de regresión alto.

La recta de regresión obtenida es:

$$Manga = 0,2536 * Eslora\ total - 0,1074$$

La correlación de regresión es:

$$R = 0.8565$$

#### 4.2.2 Estimación del calado

El proceso de estimación para el calado es el mismo que en la manga:

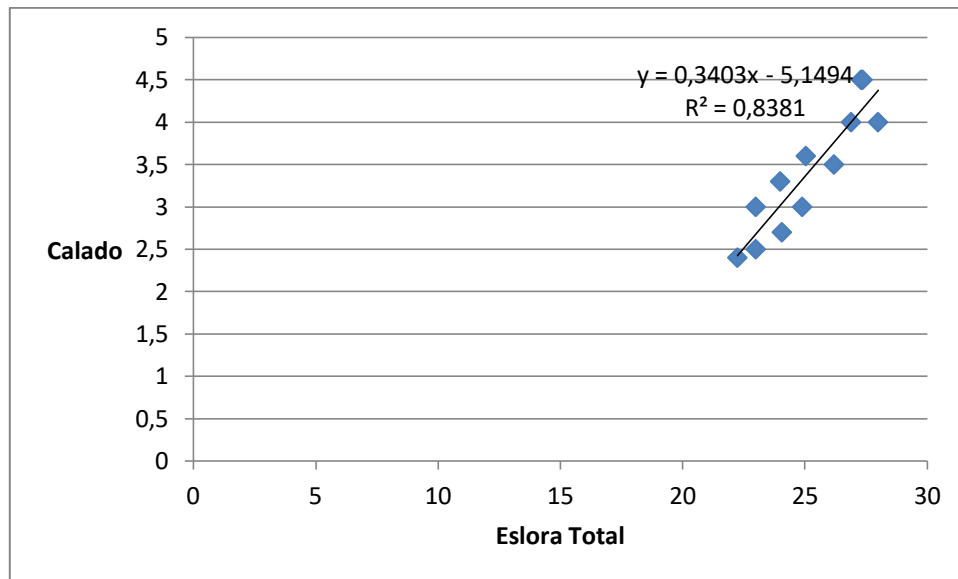


Figura 9. Relación de la Calado - Eslora total

En la variación del calado respecto la eslora sucede un fenómeno similar a la manga, el coeficiente de correlación es cercano al 0,85.

pero esta vez los puntos se encuentran levemente más dispersos, esto significa que la relación de calado con eslora no es tan directa.

La recta de regresión obtenida es:

$$\text{Calado} = 0,3403 * \text{Eslora total} - 5,1494$$

La correlación de regresión es:

$$R = 0.8381$$

#### 4.2.3 Estimación del puntal

El puntal según el Real Decreto 543 de 2007 [12], es la distancia vertical medida en el centro del buque, desde la línea de quilla hasta la cara alta del bao de la cubierta de trabajo, en su intersección con el costado. Es una dimensión del buque con gran dificultad de ser encontrada, en las páginas de tracking de barcos no se facilita entre otros datos el valor del puntal y en la página oficial del Ministerio de Fomento solamente se obtiene: la eslora, potencia, arqueo bruto y material del casco. Una de las opciones es contactar con los armadores, pero por la inexistencia de números de contactos en internet y la privacidad de la información por parte de los astilleros, no se ha obtenido este valor.

Sin embargo, en el estudio de J. J. Grávalos se presentan relaciones de Manga-Puntal para buques de pesca al fresco.

Tipo de buque	B/D
Congelador por popa	2,3
Congeladores clásicos	1,92
Buque al fresco	1,88
Bacaladeros clásicos	1,88
Bacaladeros por popa	2,2

Tabla 10. Relación Manga-Puntal

Utilizando este dato, se obtiene el siguiente gráfico:

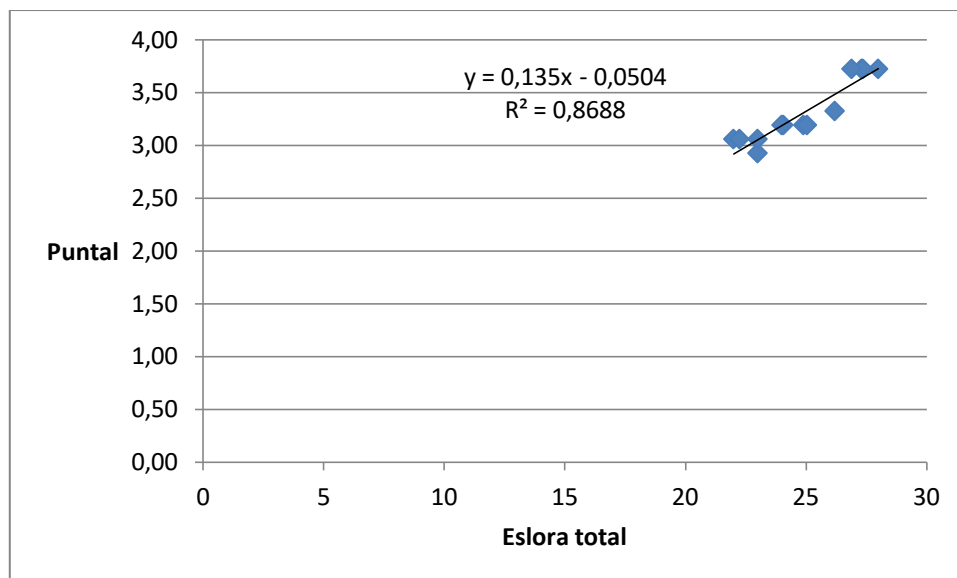


Figura 10. Relación Eslora total-Puntal

La ecuación obtenida es:

$$Puntal = 0,135 * Eslora\ total - 0,0504$$

La correlación de regresión es:

$$R = 0.8688$$



#### 4.2.4 Estimación de la potencia

La relación de la potencia respecto la eslora total es la siguiente:

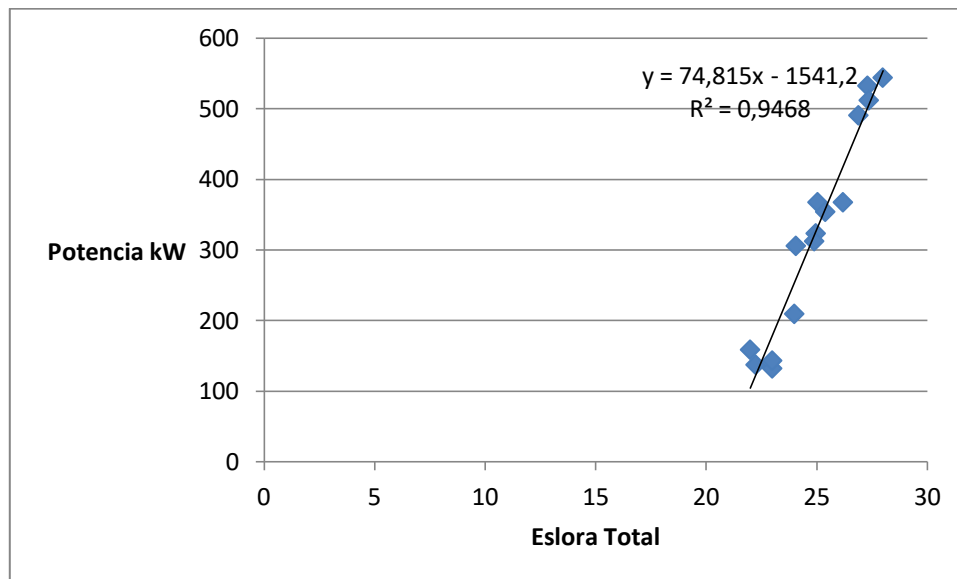


Figura 11. Relación Potencia – Eslora total

A diferencia de los anteriores gráficos, la potencia es la dimensión con mayor relación con la eslora total superando el coeficiente de correlación de 0,9.

La recta de regresión obtenida es:

$$Potencia\ kW = 74,815 * Eslora\ total - 1541,2$$

La correlación de regresión es:

$$R = 0.9468$$

## 5. Generación de alternativas

En base a las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas previamente, se genera una cantidad de alternativas respecto la eslora del buque. Inicialmente se establecerá como rango de posibilidades una eslora de 22 a 24 metros con una variación de 0,1 metros, debido a que los buques observados en la base de datos como mínimo era de 22 metros y la limitación por parte del armador era hasta los 24 metros.

Eslora total	Manga	Calado	Puntal	Potencia (kW)	L/B	B/D	L/D	B/T
22	5,4718	2,3372	2,9196	104,73	4,02061479	1,87416084	7,53527881	2,34117748
22,1	5,49716	2,37123	2,9331	112,2115	4,02025773	1,8741809	7,53469026	2,31827364
22,2	5,52252	2,40526	2,9466	119,693	4,01990396	1,87420077	7,53410711	2,29601789
22,3	5,54788	2,43929	2,9601	127,1745	4,01955341	1,87422047	7,53352927	2,27438312
22,4	5,57324	2,47332	2,9736	134,656	4,01920606	1,87423998	7,53295669	2,25334368
22,5	5,5986	2,50735	2,9871	142,1375	4,01886186	1,87425932	7,53238927	2,23287535
22,6	5,62396	2,54138	3,0006	149,619	4,01852076	1,87427848	7,53182697	2,21295517
22,7	5,64932	2,57541	3,0141	157,1005	4,01818272	1,87429747	7,5312697	2,19356141
22,8	5,67468	2,60944	3,0276	164,582	4,0178477	1,87431629	7,5307174	2,17467349
22,9	5,70004	2,64347	3,0411	172,0635	4,01751567	1,87433494	7,53017	2,15627187
23	5,7254	2,6775	3,0546	179,545	4,01718657	1,87435343	7,52962745	2,138338
23,1	5,75076	2,71153	3,0681	187,0265	4,01686038	1,87437176	7,52908966	2,12085428
23,2	5,77612	2,74556	3,0816	194,508	4,01653705	1,87438993	7,52855659	2,10380396
23,3	5,80148	2,77959	3,0951	201,9895	4,01621655	1,87440794	7,52802817	2,08717113
23,4	5,82684	2,81362	3,1086	209,471	4,01589884	1,87442579	7,52750434	2,07094064
23,5	5,8522	2,84765	3,1221	216,9525	4,01558388	1,87444348	7,52698504	2,05509806
23,6	5,87756	2,88168	3,1356	224,434	4,01527164	1,87446103	7,52647021	2,03962966
23,7	5,90292	2,91571	3,1491	231,9155	4,01496209	1,87447842	7,5259598	2,02452233
23,8	5,92828	2,94974	3,1626	239,397	4,01465518	1,87449567	7,52545374	2,00976357
23,9	5,95364	2,98377	3,1761	246,8785	4,01435088	1,87451277	7,52495199	1,99534146
24	5,979	3,0178	3,1896	254,36	4,01404917	1,87452972	7,52445448	1,98124462

Tabla 11. Dimensiones alternativas I

Los resultados de las relaciones L/B, B/D, L/D y B/T no varían prácticamente debido a que se han obtenido en relación a dimensiones por regresión lineal, no son datos de buques directamente. Por lo que, no son valores a tomar en cuenta para la decisión de una alternativa.

Por otra parte, se van a analizar las dimensiones con más detalle:

**Eslora:** Es la dimensión principal del buque, su variación es la que más influye en el precio final. El aumento de la eslora comporta un aumento del precio de construcción, de la resistencia viscosa por incremento de la superficie mojada y una reducción de los gastos de explotación y de la resistencia por formación de olas.

La pesca de gamba roja en el Mediterráneo no está afectada directamente por la eslora, ya que es una especie de alto valor comercial que no se sitúa en las bodegas y no se captura en grandes cantidades. En caso de dudar entre alternativas, se tenderá a la menor eslora posible.

**Manga:** Es la medida transversal de mayor longitud, el principal inconveniente es el aumento de la resistencia por formación de olas y resistencia de fricción al incrementar la manga. Sin embargo, es una dimensión que mejora la estabilidad al aumentar la manga para un mismo desplazamiento.

También, limita el parque de pesca cuya importancia es tener espacio para instalar la nevera que exige el armador y poder realizar las operaciones de pesca y clasificación de la captura correctamente.

**Calado:** Esta dimensión está definida por el volumen de agua que desplaza el buque, que depende de su peso y formas. Por lo tanto, no es una dimensión conocida hasta el análisis hidrostático en el siguiente cuaderno y no es determinante para escoger una alternativa u otra.

**Puntal:** Está considerada la dimensión más barata, por ello los astilleros tienden a aumentar este valor y conseguir un mayor capacidad de carga. Sin embargo, incrementar el puntal comporta elevar el centro de gravedad y reducir la estabilidad.

Como se ha mencionado previamente, este buque no tiene como objetivo disponer de una bodega, de forma que pierde importancia el factor de portar una mayor carga.

**Potencia:** A pesar de no ser una dimensión, el armador propuso en el enunciado del proyecto que el buque alcanzase una velocidad en el trayecto de 14 nudos y este valor no es usual en los buques de pesca de gamba roja. El motivo de establecer esa velocidad se debe al aumento de probabilidades de captura al alcanzar el primero el caladero de interés, que tiene como consecuencia el incremento de tiempo de arrastre y así aumentar nuevamente la probabilidad de captura. Sin embargo, independientemente de las dimensiones del buque, se puede instalar "cualquier" potencia según las necesidades de la embarcación, por lo que no es determinante para escoger una alternativa u otra.

## 5.1 Elección de la alternativa

El factor de mayor importancia para determinar las dimensiones del buque es el espacio requerido por las maquinillas. Obteniendo información de empresas especializadas en maquinaria naval como Mapsa [9], se conoce que el ancho que ocupan las maquinillas de cable y malleta para este tipo de buque es de 4 metros, ya que la elección de las mismas se debe a la longitud de los cables y al diámetro de estos, se conoce el requerimiento de maquinillas para que permitan un cableado de 2000 metros por tambor debido a la batimetría de la zona de captura, este valor se justifica en el apartado 6. Por lo tanto, asumiendo que:

- 20 centímetros de la manga se deben a refuerzos de cuaderna y forro
- 60 centímetros son los necesarios para que haya un paso aceptable entre las maquinillas y los refuerzos.
- 4 metros de ancho lo ocupan las maquinillas.

Entonces, la manga mínima para el buque proyecto es de:

$$\text{Manga mínimo} = 0,2 * 2 + 0,6 * 2 + 4 = 5,6 \text{ metros}$$

Se reducen las alternativas a las siguientes posibilidades:

Eslora total	Manga	Calado	Puntal	Potencia (kW)	L/B	B/D	L/D	B/T
22,6	5,62396	2,54138	3,0006	149,619	4,01852076	1,87427848	7,53182697	2,21295517
22,7	5,64932	2,57541	3,0141	157,1005	4,01818272	1,87429747	7,5312697	2,19356141
22,8	5,67468	2,60944	3,0276	164,582	4,0178477	1,87431629	7,5307174	2,17467349
22,9	5,70004	2,64347	3,0411	172,0635	4,01751567	1,87433494	7,53017	2,15627187
23	5,7254	2,6775	3,0546	179,545	4,01718657	1,87435343	7,52962745	2,138338
23,1	5,75076	2,71153	3,0681	187,0265	4,01686038	1,87437176	7,52908966	2,12085428
23,2	5,77612	2,74556	3,0816	194,508	4,01653705	1,87438993	7,52855659	2,10380396
23,3	5,80148	2,77959	3,0951	201,9895	4,01621655	1,87440794	7,52802817	2,08717113
23,4	5,82684	2,81362	3,1086	209,471	4,01589884	1,87442579	7,52750434	2,07094064
23,5	5,8522	2,84765	3,1221	216,9525	4,01558388	1,87444348	7,52698504	2,05509806
23,6	5,87756	2,88168	3,1356	224,434	4,01527164	1,87446103	7,52647021	2,03962966
23,7	5,90292	2,91571	3,1491	231,9155	4,01496209	1,87447842	7,5259598	2,02452233
23,8	5,92828	2,94974	3,1626	239,397	4,01465518	1,87449567	7,52545374	2,00976357
23,9	5,95364	2,98377	3,1761	246,8785	4,01435088	1,87451277	7,52495199	1,99534146
24	5,979	3,0178	3,1896	254,36	4,01404917	1,87452972	7,52445448	1,98124462

Tabla 12. Dimensiones alternativas II

En consonancia a lo comentado anteriormente, de las alternativas restantes se escogerá la de eslora menor de forma que se reduzca el impacto en costes de construcción y la resistencia viscosa; y la de manga mínima de 5,6 metros.

Finalmente, la alternativa que respeta las limitaciones anteriores es:

Eslora total	Manga	Calado	Puntal	Potencia (kW)
22,6	5,62396	2,54138	3,0006	149,619

Tabla 13. Alternativa escogida

## 5.2 Buque base

Con tal de desarrollar correctamente el proyecto se escoge un buque base de dimensiones similares a las estimadas para que sirva como referencia en el proceso de creación de formas, disponer de bulbo de proa y disposición general.

El buque base escogido es el "Lorenzo y Fina", un buque de pesca de gamba roja en Carboneras cuya dimensiones son:

Eslora (m)	22.25
Manga (m)	5.75
Puntal (m)	2,7
Potencia (kW)	137.54

Tabla 14. Características del buque base

Gracias al "Astillero y Varadero de Carboneras", que ha facilitado el plano de formas del buque base, y al astillero de Arenys "Grupo Aresa" por dar a conocer la disposición general de un buque dedicado a la pesca de arrastre.

## 6. Estimación de la autonomía

Para conocer la autonomía del buque antes se debe establecer el recorrido que realizará desde el puerto hasta el caladero.

### 6.1 Caladeros

Los buques que realizan la tarea de captura de la especie mencionada son embarcaciones de arrastre de fondo que efectúan trayectos diarios de 20 millas náuticas aproximadamente desde el puerto hasta el caladero.

El objetivo del trabajo es que el buque a desarrollar pueda trabajar en cualquiera de los principales lugares de pesca de gamba roja que se sitúen en la parte del Mar Mediterráneo de España.

Como los principales lugares de pesca de la gamba roja en España son Denia, Garrucha y Palamós se van determinar las distancias que deben recorrer los buques desde los puertos mencionados hasta el talud continental donde se encuentra la especie objetivo y la profundidad de las operaciones de pesca.

### 6.1.1 Palamós

Los caladeros de Palamós son:

- Calador de Rostoll
- Calador de Sant Sebastià
- Calador de Llevant



Figura 12. Caladeros de Palamós

Las distancias del puerto a Caladero son las siguientes:

Trayecto desde puerto	Distancia en millas náuticas
Caladero de Rostoll	12
Caladero de Sant Sebastià	15
Caladero de Llevant	22

Tabla 15. Distancias del puerto de Palamós hasta los caladeros

Las distancias se han obtenido por la web de Google Earth:



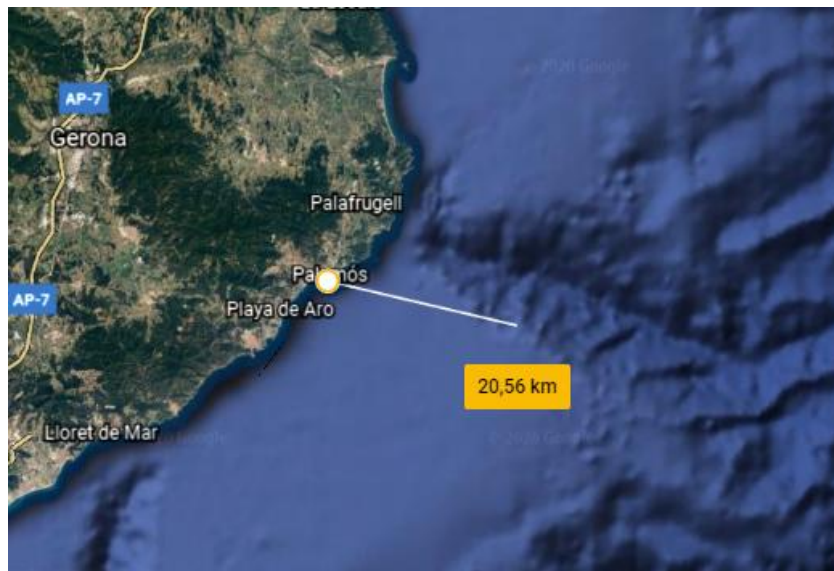


Figura 13. Caladero de Rostoll



Figura 14. Caladero de Sant sebastià

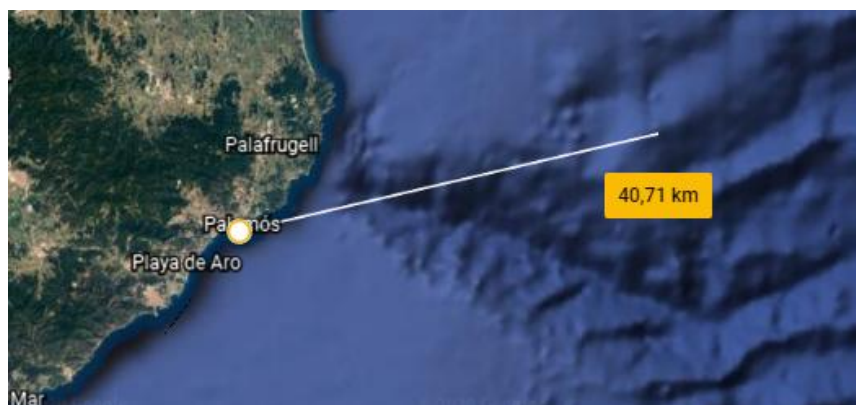


Figura 15. Caladero de Llevant

La profundidad de alcance del aparejo de los buques de pesca en Palamós es de 800 metros, aunque el valle submarino llega hasta los 2000 metros.

### 6.1.2 Garrucha

Los caladeros de gamba roja en la Garrucha se llaman:

- Verín
- Canto Pote
- Canto Nuevo

Las distancias que deben recorrer los buques hasta los caladeros es:

Trayecto desde puerto	Distancia en millas náuticas
Verín	9,1
Canto Pote	9
Canto Nuevo	11

Tabla 16. Distancias del puerto de Palamós hasta los caladeros

Las distancias se han obtenido también por la web de Google Earth:



Figura 16. Caladero de Verín





Figura 17. Caladero Canto Pote



Figura 18. Caladero Canto Nuevo

En Garrucha lo normal es calar a 1200, 1500 y 1900 metros, dependiendo de la situación del caladero. [13]

### 6.1.3 Dénia

Dénia a diferencia de los otros lugares, presenta un único talud continental próximo a puerto, con una distancia máxima de 20 millas náuticas (37 kilómetros).



Figura 19. Distancia al caladero de Dénia

A diferencia de los demás puertos, la profundidad de captura se encuentra entre los 330 metros hasta los 550 metros.

## 6.2 Trayecto

Analizando los recorridos de los buques de pesca de arrastre con especie objetivo la gamba roja, se observa que el trayecto de mayor longitud es el realizado desde el puerto de Palamós hasta el caladero de Llevant siendo este de 22 millas náuticas.

Se escoge esta distancia ya que es la más “crítica” y permite que el buque pueda ser utilizado en cualquiera de los puertos mencionados anteriormente. Al conocer la distancia que debe recorrer el buque, se determina el consumo de combustible en las diferentes etapas de la pesca.

Este tipo de buques realiza las tareas de pesca diariamente, realizando de 1 a 3 lances en base a un criterio propio, en el primer lance se pueden observar los resultados y si no son satisfactorios, se varía la profundidad y lugar de pesca. Por lo que, se diseñará un buque que realice 2 lances diariamente de forma que obtenga una mayor probabilidad de captura de la gamba roja.

Se instalarán motores que permitan la llegada al caladero y la vuelta a puerto lo antes posible para que el buque esté arrastrando una mayor cantidad de tiempo y tenga prioridad en escoger el caladero de mayor interés al ser más veloz.

Por otra parte, la mayor profundidad de captura se encuentra en el puerto de Garrucha. Aunque en Palamós, a pesar de que se cala a los 800 metros, se podría llegar a alcanzar los 2000 metros de profundidad en su valle submarino, valor próximo al de Garrucha [13]. Adaptando el buque proyecto al caso más crítico (Garrucha), se instalarán cables de 1900 metros de longitud para lograr la profundidad deseada, que en caso de pescar en Palamós supondría una ventaja respecto los demás buques.

## 7. Elección de motor y consumo

Previamente en el apartado 1.5.1 Elección de la alternativa, se estimó una potencia para el buque proyecto de 149,62 kW. En páginas de empresas como la Solé Diesel [5] o Yanmar [6], se encuentra una gran variedad de motores para instalar a bordo. Para este caso, se escoge un motor de la marca Yanmar y modelo 6CH-WUTE Series [7] capaz de suministrar 188 kW en la versión M.

El consumo de combustible es de 223 gr/kW hr y como se definió en los requisitos del buque, el motor se utilizará al 85% durante las operaciones de pesca, realizando dos lances diarios los cuales duran aproximadamente 4:30 horas, siendo el consumo de combustible durante las 9 horas de:

$$0,85(\%) * 188 * 0,223 * 9 = 320.71 \text{ kg} = 0.320 \text{ toneladas}$$

Teniendo en cuenta que la densidad del combustible diesel es de 0.85 ton/m<sup>3</sup>, el volumen de combustible para faenar será:

$$\text{Volumen de combustible faenando} = \frac{0.32}{0.85} = 0.37 \text{ m}^3$$

Además, en los viajes de ida y vuelta, el pesquero navegará al 85% de su potencia máxima, ya que la llegada a los caladeros antes que la competencia es primordial. El trayecto para este buque se definió en el apartado "Trayecto" en el que se determina un recorrido de 22 millas náuticas desde el puerto de Palamós hasta el caladero de Llevant, lo que se traduce en 1:40 horas en ida y vuelta con una velocidad de 14 nudos. Entonces, el combustible necesario para realizar los viajes será de:

$$0.85(\%) * 3.2(h) * 188 \text{ (kW)} * 0,223 \left( \frac{\text{kg}}{\text{kW} * h} \right) = 114.03 \text{ kg} = 0.114 \text{ toneladas}$$

El volumen de combustible para el viaje es de:

$$\text{Volumen de combustible trayecto} = \frac{0.114}{0.85} = 0.134 \text{ m}^3$$

Fórmula . Volumen del combustible para navegar al caladero inicialmente

Finalmente, el total de combustible que necesitará el buque durante 1 día de trabajo, es de:

$$\text{Volumen de combustible diario} = V.\text{combustible faenar} + V.\text{combustible trayecto}$$

$$\text{Volumen de combustible diario} = 0.37 + 0.114 = 0.484 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de combustible diario} = 0.484 \text{ m}^3 * 0.85 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 0,411 \text{ toneladas}$$

Este tipo de buques trabajan 5 días a la semana y sería conveniente evitar que el buque reposte más de 1 vez por semana, por lo que el volumen de combustible semanal es de:

$$\text{Volumen de combustible semanal} = 5 \text{ días} * 0.411 \text{ m}^3 = 2.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de combustible semanal} = 2.05 \text{ m}^3 * 0.85 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 1,74 \text{ toneladas}$$

Las horas de trabajo diarias que se han tenido en cuenta es de 12 horas, esta es una jornada habitual en los pescadores de gamba roja.

## 8. Bodega y capturas

La bodega en este tipo de buques es generalmente inexistente, al realizar la mayoría de los buques de pesca de arrastre de gamba roja un lance en toda la operación de pesca, en el trayecto de vuelta a puerto, se clasifican las capturas en cajas con hielo en forma de escamas para garantizar una alta calidad en el producto, una vez clasificados se estiban en los costados de la cubierta principal o se introducen en neveras en caso de efectuar más de un lance.

Como se describió en el apartado “Trayecto” el buque efectuará dos lances de manera que será necesario un lugar de almacenamiento de las capturas hasta la llegada a puerto. Las capturas que se realizan diariamente no suelen exceder los 100 kg de gamba roja, aunque suelen capturarse otras especies comerciales, como los cangrejos, rapas o pulpos; con una relación de peso de 1:1,2 respecto la gamba. Añadiendo un 25% como factor de seguridad de las capturas, se prevé un total de capturas diarias de:

Especie	Capturas (kg)
Gamba Roja (GR)	100
Otras especies (OS)	20
Total	120
Total con factor seguridad (25%)	150 (125 GR - 25 OS)

Tabla 17. Captura diaria

Con la intención de conocer el volumen necesario de nevera para almacenar parte de las capturas del primer lance, es necesario conocer la densidad de las capturas. En el artículo de J.J. Grávalos llamado “proyecto de buques pesqueros” en la Revista Técnica de la Asociación de

Ingenieros Navales, define la densidad de las capturas de los buques de arrastre, siendo la densidad de la gamba de  $400 \text{ kg/m}^3$  y el del pescado al fresco de  $500 \text{ kg/m}^3$ .

Las cajas de almacenamiento de las capturas son cubetas de pesca con drenaje apilable de material HDPE con un peso de 2.6 kg. Las dimensiones externas son de 45x80x19 cm y las internas de 36.5x62x17 cm.

En el primer lance se asume que las capturas son un 50% de las totales, pero para asegurar que todas las capturas del primer lance puedan caber en la nevera, este porcentaje se aumenta hasta el 70%. El volumen que ocupa las gambas y las otras especies comerciables es el siguiente:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Densidad}}$$

$$\text{Volumen de gamba roja 1r lance} = \frac{125 \text{ kg}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * 70\% = 0,21875 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen pescado 1r lance} = \frac{25 \text{ kg}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * 70\% = 0,035 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de gamba roja total} = \frac{125 \text{ kg}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,3125 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen pescado total} = \frac{25 \text{ kg}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,05 \text{ m}^3$$

El volumen interior de las cubetas de pesca es:

$$\text{Volumen cubeta interior} = \text{Ancho} * \text{Altura} * \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen cubeta interior} = 0,365 * 0,17 * 0,62 = 0,0385 \text{ m}^3$$

El espacio útil por la cubeta no es el total de la misma, ya que para las ventas en la lonja se sitúan las capturas de forma que se pueda observar todo el producto desde el exterior para los compradores. Se estima que el 50% de la cubeta se utiliza para el producto y un 25% se utiliza para el hielo. Estas proporciones se pueden observar en la siguiente imagen, que muestra las capturas en un día de pesca en la Garrucha por el buque **Puerto de Garrucha**.



Figura 20. Capturas en el puerto de Garrucha

Por lo tanto, la cantidad de cubetas que se necesitan son:

$$\text{Cubetas en la nevera} = \frac{\text{Volumen de gamba roja} + \text{Volumen pescado en 1r lance}}{\text{Volumen de Cubeta útil}}$$

$$\text{Cubetas en la nevera} = \frac{0,21875 + 0,035}{0,0385} = 6,68 \text{ cubetas} = 7 \text{ cubetas}$$

$$\text{Cubetas en total} = \frac{\text{Volumen de gamba roja total} + \text{Volumen pescado en total}}{\text{Volumen de Cubeta útil}}$$

$$\text{Cubetas a bordo} = \frac{0,3125 + 0,05}{0,0385} = 9,41 \text{ cubetas} = 10 \text{ cubetas}$$

El volumen que ocupan las cubetas para que la nevera lo almacene es de:

$$\text{Volumen cubeta exterior} = \text{Ancho} * \text{Altura} * \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen cubeta exterior} = 0,45 * 0,80 * 0,19 = 0,0684 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de las cubetas en la nevera} = \text{Volumen exterior cubeta} * \text{núm. cubetas}$$

$$\text{Volumen de las cubetas en la nevera} = 0,0684 * 10 = 0,684 \text{ m}^3$$

La cantidad de hielo necesario para las cubetas en total es de:

$$\text{Volumen de hielo total cubetas} = 25\% \text{ Volumen interior cubeta} * \text{núm. cubetas total}$$

$$\text{Volumen de hielo total cubetas} = 0,25 * 0,0385 * 10 = 0,096 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso} = \text{Volumen} * \text{Densidad}$$

$$\text{Peso de hielo en cubetas} = 0,096 \text{ m}^3 * 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 86,625 \text{ kg}$$

Aparte del hielo de conservación en las cubetas, también se aplica hielo durante la clasificación de las especies en las diferentes cubetas, esto se realiza con la intención de continuar el ciclo del frío y mantener las gambas entre 0 y 2 grados. Se estima un 50% de hielo extra para mantener a baja temperatura las capturas durante la clasificación de estas. Por lo que la cantidad de hielo final es de:

$$\text{Peso total hielo} = \text{Hielo en cubetas} + 50\% * \text{hielo en cubetas}$$

$$\text{Peso total hielo} = 86,625 + 0,5 * 86,625 = 130 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen total hielo} = \frac{130 \text{ kg}}{900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,144 \text{ m}^3$$

## 9 Coeficientes de forma y posición longitudinal del centro de carena

### 9.1 Estimación del coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque relaciona el volumen de la obra viva con el de un paralelepípedo circunscrito a esta. Es de gran relevancia conocer el coeficiente de bloque ya que influye en la resistencia al avance y en la capacidad de carga [9].

Los métodos que se van a usar para estimar el coeficiente de bloque son [12][13]:

- Alexander
- Townsin
- Schneekluth
- Ayre
- Kerlen

#### 9.1.1 Método de Alexander

Para el cálculo del coeficiente de bloque por el método de Alexander se utiliza una fórmula sencilla:

$$CB = K - \frac{0,5 * V}{(3,28 * Lpp)^{\frac{1}{3}}}$$



K es un constante que se deduce de la figura 3.4.1 del libro "El proyecto Básico del Buque Mercante" calculando previamente la eslora entre perpendiculares [11].

#### **9.1.1.1 Eslora entre perpendiculares por J.J.Grávalos**

Aplicando la fórmula del Ingeniero Naval J.J. Grávalos [2] en la publicación "Proyecto de Buques Pesqueros" para estimar la eslora entre perpendiculares, se obtiene:

$$L_{pp} = C * \Delta^{\frac{1}{3}} * \left( \frac{V_s}{V_s + 2} \right)^2 = 12,87 \text{ metros}$$

Siendo:

C = Coeficiente que depende de la velocidad, se define en la Tabla II. Coeficientes C para determinación de la eslora de la publicación mencionada y que en este caso es 6,70.

V = Es la de trayecto, 14 nudos.

$\Delta$  = Desplazamiento

No obstante, el resultado no es aceptable debido a la imposibilidad de establecer una eslora entre perpendiculares de 12,87 metros en un buque de eslora total de 22,6 metros.

#### **9.1.1.2 Eslora entre perpendiculares por el cuadernillo de formas**

En avance a los cálculos del cuaderno 2: Las formas del buque, se contacta con el astillero del buque base en Carboneras que había realizado una reforma recientemente y facilitan los planos de formas para desarrollar el trabajo correctamente.

Esas formas se modificaron levemente en el programa de diseño Rhinoceros y se escalaron hasta las dimensiones de interés.

Finalmente, con la función "Distance" se midió que la eslora entre perpendiculares del buque proyecto es de 19.346 metros.

Sustituyendo los valores conocidos en la gráfica de Alexander, no se puede obtener el valor de K ya que en la sustitución del eje de las abscisas el resultado no se encuentra en los valores previstos. Esto se debe a que la fórmula está enfocada para buques de mayores dimensiones, principalmente buques mercantes.



### 9.1.2 Método de Townsin

La estimación del  $C_B$  por Townsin se realiza por la siguiente fórmula:

$$C_B = 0.7 + 0.125 * \tan^{-1}(25 * (0.23 - Fn))$$

Siendo el número de Froude:

$$Fn = \frac{V * 0,5144}{\sqrt{9.81 * L_{pp}}} = \frac{14 * 0,5144}{\sqrt{9.81 * 19.346}} = 0.52$$

Al sustituir se obtiene:

$$C_B = 0.7 + 0.125 * \tan^{-1}(25 * (0.23 - 0.52)) = 0.52$$

.

### 9.1.3 Método de Schneekluth

Se calcula por la expresión:

$$C_B = \frac{0,14}{F_n} * \left( \frac{\left( \frac{L_{pp}}{B} \right) + 20}{26} \right)$$

Al sustituir se obtiene:

$$C_B = \frac{0.14}{0.51} * \left( \frac{\left( \frac{20}{5.62} \right) + 20}{26} \right) = 0,2474$$

Este método sólo es válido para coeficientes de bloque y números de Froude entre:

$$0.48 < C_B < 0.85$$

$$0.14 < F_n < 0.32$$

De modo que el resultado no es válido.

### 9.1.4 Método de Ayre

La fórmula de Ayre para estimar el coeficiente de bloque es:

$$C_B = 1.025 - (1.68 * F_n)$$

$$C_B = 0.168$$

El resultado obtenido es muy inferior a los calculados anteriormente.

### 9.1.5 Método de Kerlen

En método de Kerlen, la expresión para estimar el coeficiente de bloque es:

$$C_B = 1.179 - 2.026 * F_n$$

$$C_B = 1.179 - 2.026 * 0.52 = 0.125$$

Este método sólo es válido para resultados de  $C_B > 0.78$ , de forma que no es útil.

Finalmente, los únicos datos que se pueden utilizar son los obtenidos por el método de Townsin y Ayre. No obstante, los resultados distan mucho entre sí y analizando las planos facilitados por el astillero de Carboneras, se observan formas en V propias de un coeficiente de bloque bajo. De forma que se acepta la estimación de Ayre.

No es un error haber obtenido datos tan dispares, ya que los métodos existentes para estimar los coeficientes con los pocos datos que se conocen, se han obtenido de regresiones estadísticas de bases de datos de buques existentes, principalmente mercantes. Es una dificultad añadida al proyecto el hecho de no disponer de bibliografía al respecto.

## 9.2 Estimación del coeficiente de la maestra

La estimación del coeficiente de la maestra se puede realizar por tres métodos:

- Kerlen
- HSVA
- Meizoso

### 9.2.1 Método de Kerlen

La fórmula de Kerlen es:

$$C_M = 1.006 - (0.056 * (C_B)^{-3.56}$$

Sustituyendo se obtiene:

$$C_M = 1.006 - (0.056 * (0.52)^{-3.56} = 0.50$$

### 9.2.2 Método de HSVA

El método de HSVA se expresa como:

$$C_M = \frac{1}{1 + (1 - C_B)^{3.5}}$$
$$C_M = \frac{1}{1 + (1 - 0.52)^{3.5}} = 0.9288$$

### 9.2.3 Método de Meizoso

La fórmula de Meizoso es:

$$C_M = 1 - 0.062 * F_n^{0.792}$$
$$C_M = 1 - 0.062 * 0.52^{0.792} = 0.96$$

Este resultado no es válido ya que la fórmula sólo es aplicable para buques RO/RO y portacontenedores.

En el coeficiente de cuaderna maestra sucede un fenómeno similar al coeficiente de bloque, las fórmulas utilizadas provienen de bases de datos de buques mercantes, de forma que los datos obtenidos no se aproximarán a los reales.

## 9.3 Estimación del coeficiente prismático

La fórmula más simple para calcular el coeficiente prismático es relacionando los coeficientes de bloque y de la maestra. Sin embargo, debido a la falta de fiabilidad en los resultados, solamente se calculará el coeficiente prismático a partir del gráfico de Saunders.

### 9.3.1 Gráfico de H.E. Saunders

El gráfico de Saunders permite calcular el coeficiente prismático a partir del número de Froude.

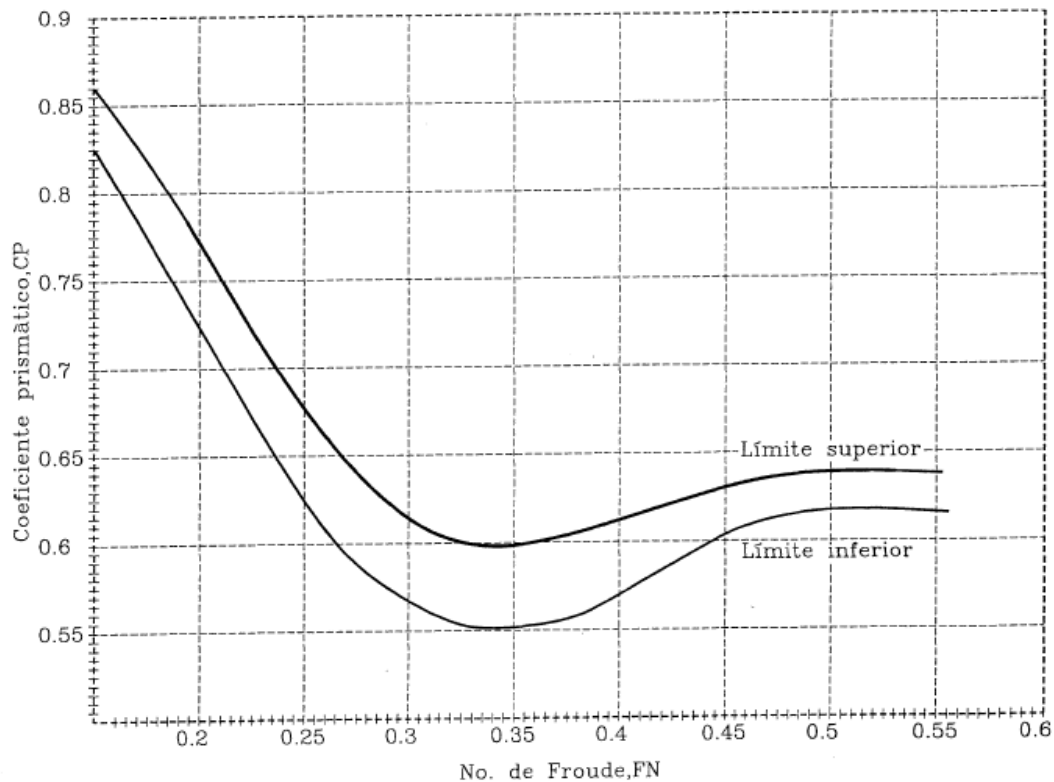


Figura 21. Coeficiente prismático longitudinal

Las fórmulas que representan los límites del coeficiente prismático del buque proyecto son:

$$C_p(\text{inf}) = -36.6 + (57.51 * F_n) + (-22.2 * F_n^2) + (-23 * \ln(F_n)) + (-3.97 * (\ln * (F_n))^2)$$

$$C_p(\text{inf}) = 0.64$$

$$C_p(\text{sup}) = -34.6 + (53.9 * F_n) + (-20.3 * F_n^2) + (-22 * \ln(F_n)) + (-3.86 * (\ln * (F_n))^2)$$

$$C_p(\text{sup}) = 0.67$$

A priori, este resultado no se puede confirmar, pero avanzándonos al cuaderno 2, es el único dato que coincide con el análisis hidrostático del programa MaxSurf.

#### 9.4 Estimación del coeficiente del área de flotación

El coeficiente del área de flotación se puede estimar por varios métodos [12][13]:

- Schneekluth
- Torroja
- Parson

#### **9.4.1 Método Schneekluth**

El método de Schneekluth se expresa como:

$$C_{WP} = \sqrt{C_B - 0.025}$$

Donde:

$$C_B = 0.52$$

Sustituyendo se obtiene:

$$C_{WP} = \sqrt{0.52 - 0.025} = 0.70$$

#### **9.4.2 Método Torroja**

La fórmula es:

$$C_{WP} = A + B * C_B$$

Siendo:

$$A = 0.248 + 0.049 * G$$

$$B = 0.778 - 0.035 * G$$

$G = 0$  para formas en U y  $1$  para formas en V; se tomará  $0.7$  para este valor ya que tiende el buque a formas en V.

Sustituyendo los valores conocidos:

$$A = 0.248 + 0.049 * 0.7 = 0.2823$$

$$B = 0.778 - 0.035 * 0.7 = 0.7535$$

$$C_{WP} = A + B * C_B = 0.2823 + 0.7535 * 0.52 = 0.67$$

#### **9.4.2 Método Parson**

El método de Parson se expresa como:

$$C_{WP} = \frac{C_B}{0.471 + 0.551 * C_B}$$

Siendo:

$$C_B = 0.52$$

Sustituyendo se obtiene:

$$C_{WP} = \frac{0.52}{0.471 + 0.551 * 0.52} = 0.686$$

Los tres resultados coinciden en aproximarse a 0,685 ; por lo que se tomará este dato como válido.

### 9.5 Estimación de la posición longitudinal del centro de carena

Este parámetro permite conocer la posición del centro de gravedad de la carena a lo largo del buque. El resultado depende del calado, las formas hidrodinámicas y el trimado, la primera y tercer variable varían según la condición de carga. De modo que, el resultado que se obtenga es el valor teórico óptimo.

En el libro de la referencia 13 se muestra una fórmula que permite determinar la posición longitudinal del centro de gravedad a partir del coeficiente prismático. Siendo:

$$XB = 17.5 * C_p - 12.5$$

Donde:

$$C_p = 0.685$$

Sustituyendo:

$$XB = 17.5 * 0.655 - 12.5 = -1.03\%L_{pp}$$

El resultado se expresa como un porcentaje de la eslora entre perpendiculares tomando como origen la sección media.

$$XB = -0.199 \text{ m}$$

El signo indica en qué dirección se encuentra, en este caso es hacia popa.

## 10 Comprobación inicial de la estabilidad

En este apartado se va a intentar verificar el cumplimiento de la estabilidad inicial con los datos obtenidos previamente. No obstante como se comentó anteriormente, el resultado del coeficiente de bloque no es fiable ya que los resultados distan de las formas del buque proyecto y las fórmulas utilizadas pertenecen a bases de datos de buques mercantes.

Por lo tanto, se calculará de igual forma la previsión de estabilidad inicial aún dependiendo del coeficiente de bloque, pero los datos que se obtengan no serán determinantes para considerar el proyecto como inviable.

El dato que corrobora el cumplimiento inicial de la estabilidad es la altura metacéntrica inicial. En el Anexo II del Real Decreto 543/2007, se menciona que la altura metacéntrica inicial será de 0,35 metros como mínimo.

La formulación de la estabilidad inicial es:

$$GM = KM - KG$$

$$KM = KB + BM$$

Se pueden demostrar estas ecuaciones a partir de la siguiente imagen:

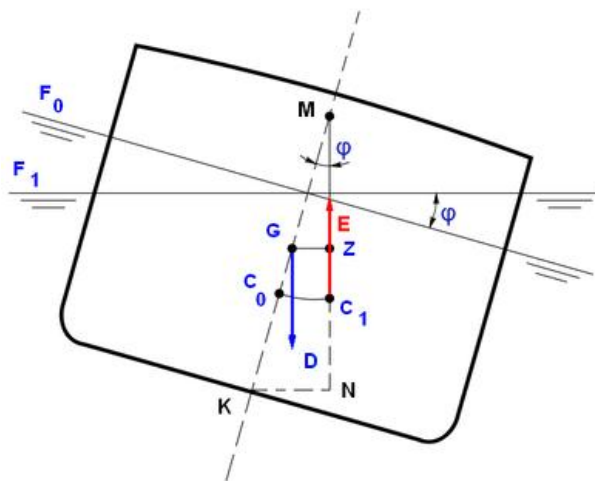


Figura 22. Estabilidad inicial

Para obtener el valor de KB se aplica la fórmula de Wobig:

$$KB = T(0.78 - 0.285 * \frac{C_B}{C_{WP}})$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$KB = 2.54 * \left( 0.78 - 0.285 * \frac{0.52}{0.685} \right) = 1.43 \text{ m}$$

El parámetro BM se estima como:

$$BM = (0.113 + C_{WP} - 0.0306) * \left( \frac{B^2}{T * C_B} \right)$$
$$BM = (0.113 + 0.685 - 0.0306) * \left( \frac{5.62^2}{2.54 * 0.52} \right) = 18.37 \text{ m}$$

Por otra parte, la posición vertical del centro de gravedad del buque proyecto o KG se puede estimar como el 76% del puntal:

$$KG = 0.76 * D = 0.76 * 3 = 2.25 \text{ m}$$

Sustituyendo los datos conocidos, GM inicial es:

$$GM = KM - KG$$
$$GM_0 = 1.43 + 18.37 - 2.25 = 22.05 \text{ m}$$

El valor obtenido es muy alto, superando el mínimo de 0,35 metros e indicando que el buque es muy estable, este factor generará incomodidad a bordo ya que la embarcación volverá a la posición de equilibrio rápidamente bajo cualquier empuje.



## Bibliografía

- [1] Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Registro General de la Flota Pesquera. [Consultado el 04/05/2020]
- Disponible en:
- <https://servicio.pesca.mapama.es/censo/ConsultaBuqueRegistro/Buques/Search>
- [2] Grávalos. J., J., «Proyecto de buques pesqueros », Revista Técnica de la Asociación de Ingenieros Navales, núm. 391, Enero, 1968.
- [3] Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Lista de buques oficiales, 2008. [Consultado el 05/05/2020]
- Disponible en:
- [http://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/RM-560\\_2009.pdf](http://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/RM-560_2009.pdf)
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Definiciones de buques navales. [Consultado el 14/06/2020]
- Disponible en:
- <http://www.fao.org/3/i0625s/i0625s02a.pdf>
- [5] Solé Diesel. Motores marinos. [Consultado el 17/05/2020]
- Disponible en:
- <http://www.solediesel.com/es-es/motores.aspx>
- [6] YANMAR. Catálogo de productos. [Consultado el 08/06/2020]
- Disponible en:
- <https://www.yanmar.es/Productos/>
- [7] YANMAR. Especificaciones del motor 6CH-WUTE Series. [Consultado el 06/06/2020]
- Disponible en:
- [https://www.yanmarmarine.eu/theme/yanmarportal/uploadedFiles/Marine/productDownloads/Commercial-datasheet/Yanmar-6CH-WUTE\\_datasheet.pdf](https://www.yanmarmarine.eu/theme/yanmarportal/uploadedFiles/Marine/productDownloads/Commercial-datasheet/Yanmar-6CH-WUTE_datasheet.pdf)[8]
- [8] Santarelli , F., M., y Nuñez, B., J., «Consideraciones acerca del sistema de propulsor de arrastreros en función del arte de pesca », 1981.
- [9] MAPSA. Catálogo de productos. [Consultado el 20/06/2020]
- Disponible en:

<http://www.mapsasl.com> [11]

- [10] Apuntes del profesor Manuel Ventura, 2018.
- [11] Castro. R., A.; Azpíroz. A., J.,; Meizoso. F., M., « El proyecto básico del buque mercante ». Madrid, 1997.
- [12] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »
- [13] GALP, Costa de Almería. «Por la mar chica del puerto, Garrucha» . Garrucha, 2019. [Consultado el 02/05/2020]

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=BjQ6aFOL0rE&t=3s>

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 2**

### **Formas del buque**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica









# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS	V
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2 BÚSQUEDA PREVIA DE LAS FORMAS</b>	<b>2</b>
<b>3 FACTORES A TENER EN CUENTA</b>	<b>3</b>
3.1 L/B	3
<b>4 FORMAS</b>	<b>5</b>
4.1 PERFIL DE PROA	5
4.1.1 CONVENIENCIA DEL BULBO DE PROA	6
4.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN	6
4.1.3 OPTIMIZACIÓN	7
4.2 PERFIL DE POPA	8
4.2.1 QUILLOTE	8
<b>5. DERIVACIÓN DE FORMAS</b>	<b>8</b>
<b>6. VALORES HIDROSTÁTICOS</b>	<b>10</b>
<b>7. COMPARACIÓN DE COEFICIENTES</b>	<b>12</b>
<b>8. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES</b>	<b>12</b>
<b>9. PLANO DE FORMAS</b>	<b>14</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>16</b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. TRANSFORMACIÓN PARAMÉTRICA .....</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA 2. CURVA DE ÁREAS .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 3. PLANO DE FORMAS .....</b>	<b>15</b>



## **Lista de tablas**

<b>TABLA 1. DIMENSIONES DE BUQUE BASE .....</b>	<b>2</b>
<b>TABLA 2. COMPARACIÓN DE LOS BUQUES.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 3. RELACIÓN L/B BASE DE DATOS .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 4. RELACIÓN L/B BUQUE PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 5. RELACIÓN B/T BUQUE PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 6. VALORES HIDROSTÁTICOS I .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 7. VALORES HIDROSTÁTICOS II .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 8. COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES .....</b>	<b>12</b>

## 1 Introducción

Tras la realización del cuadernillo 1: Dimensionamiento, se procede a analizar las formas que adoptará el buque.

Hay varios factores que determinan las formas del casco:

- Servicio que va a prestar
- Carga a transportar
- Zona de navegación
- Puertos de acceso en las rutas establecidas

Por otra parte, es necesario llevar a cabo un proceso de optimización de las formas para:

- Conseguir una estabilidad acorde al buque para cumplir con los criterios de seguridad tanto para el buque como la tripulación.
- Proporcionar al buque de espacios suficientes para realizar las tareas de pesca y para que los tripulantes estén cómodos ya que están sujetos a un duro trabajo en la mar.
- Permitir una mejor maniobrabilidad, factor relevante en los buques de pesca.

Las consideraciones a tener en cuenta para determinar al formas del buque son:

- Las formas del casco más recurrentes en barcos de pesca son en forma de V y dependiendo de las prioridades del proyecto, la forma en V será más pronunciada o menos. La velocidad de los buques de arrastre en los trayectos de Puerto-Caladero es un parámetro importante, y las formas del buque que lo favorecen son en V muy pronunciadas, mientras que las formas en V poco pronunciadas favorecen la estabilidad en las tareas de pesca durante el arrastre, cuya actividad oscila entre las 8 y 10 horas.
- La forma del espejo de popa determina la amplitud del espacio de trabajo.
- La forma del quillote en amplitud depende principalmente del diámetro del eje.
- Situar la sección de área máxima a popa de la sección media favorece la eficiencia del casco.

Finalmente, las opciones para definir las formas del buque son las siguientes:

- Generar formas a partir de buques de características similares ya construidos, con este proceso ya se asegura el éxito del proyecto. Los astilleros por ejemplo siguen este método, se especializan en un tipo o varios buques, y varían ligeramente el diseño del buque para dar la sensación de unicidad.
- Otra opción es la de generar unas formas propias, partiendo de la experiencia y adaptándose a la exigencias del proyecto. Es necesario verificar que las formas son óptimas para el servicio que van a realizar, para ello se envían modelos de prueba a

Canales de Experiencias Hidrodinámicas. El principal inconveniente es el precio, ya que gran parte de los astilleros tienen un beneficio al final del proyecto muy reducido que no compensa el invertir en nuevas formas. De igual forma, no es viable para este proyecto la opción de ensayar formas con modelos.

- La última alternativa consiste en la generación de formas a partir de una serie sistemática. Estas formas se pueden construir en base a estudios de los Canales de Experiencias Hidrodinámicas a partir de buques semejantes construidos que se asemejen a las dimensiones de interés. Una vez más, el precio influye en gran medida en la decisión.

La opción que permite el análisis de las formas sin invertir una gran cantidad de tiempo y dinero, es la primera.

## **2 Búsqueda previa de las formas**

Previamente, ya se ha detallado y justificado las dimensiones del buque proyecto. También, se escogió un buque base con el que comparar y facilitar el desarrollo del trabajo. Las características principales del buque base son:

Eslora (m)	22.25
Manga (m)	5.75
Puntal (m)	2.7
Potencia (kW)	137.54

Tabla 1. Dimensiones de buque base

El buque en cuestión se llama "Lorenzo y Fina", en solución a la falta general de información de buques de pesca de reducidas dimensiones y a la necesidad de comparar los datos del buque proyecto con el buque base, se ha realizado una búsqueda de los armadores y astilleros de buques de pesca de gamba roja principalmente en garrucha. Por una parte, se recomienda acceder a páginas de instituciones que proveen ayudas a buques de interés en esa zona en particular [2], y por otra, preguntar en astilleros que se dediquen a construir o reformar.

En este caso, los astilleros que existen en garrucha o cercanías son un número poco elevado. De estos, el "Astillero y Varadero de Carboneras" había realizado una reforma en el buque base, el cual era inicialmente un pesquero arrastrero dedicado a la pesca de gamba roja en Garrucha y se transformó en un buque de cerco por decisión del armador.

Comparando ambos buques:

	Buque proyecto	Buque base
Eslora total	22,6	22,25
Manga	5,62396	5,75
Calado	2,54138	-
Puntal	3,0006	2,7
Potencia (kW)	149,619	137,54

Tabla 2. Comparación de los buques

Se observa que las dimensiones son muy parecidas entre el buque "Lorenzo y Fina" con el buque proyecto, esto indica que los resultados obtenidos de la regresión lineal son propios de un buque de pesca dedicado a la gamba roja.

Más adelante, se va a comprobar que las formas adoptadas por el buque proyecto son válidas desde el punto de vista hidrodinámico y técnico. Aunque desde el punto de vista técnico se debería satisfacer ya que las dimensiones son propias de un buque dedicado a la pesca de gamba roja.

### 3 Factores a tener en cuenta

Los requisitos principales que deben proporcionar las formas son:

- Permitir en la medida de lo posible un gran aprovechamiento de los espacios.
- Resistencia al avance reducida para alcanzar altas velocidades en los trayectos de puerto-caladero.
- Alta maniobrabilidad.
- Conseguir una estabilidad acorde al buque para cumplir con los criterios de seguridad tanto para el buque como la tripulación.

El análisis de relaciones adimensionales permite conocer el comportamiento hidrodinámico del buque.

#### 3.1 L/B

Se ha observado en la publicación "La Hidrodinámica Del Buque De Pesca" por Jose A. Alaez Zazurca [3] y más exactamente en la figura 10 del mismo documento, que el valor de la relación adimensional Eslora-Manga oscila entre los 3.2 y 5.2 dependiendo de las dimensiones del barco, el estudio se realizó con 92 pesqueros cuya eslora varía entre los 20 y 72 metros, y para buques de eslora similar al buque proyecto la relación Eslora-Manga está comprendida entre los 3.2 y 4.2. Ese estudio se realizó en el año 1995 con una base de datos de buques de esa década, comparándola con la actual se obtienen resultados similares.

Nombre	Eslora total	Manga	L/B
Mediterranium	24,97	6	4,16166667
Sol Tercer	26,2	6,25	4,192
Bahía de garrucha	23	5,5	4,18181818
La Mar Serena	24,07	6	4,01166667
Cervantes B	23	5,75	4
Guapo C	24,9	6	4,15
El playazo	24	6	4
Medan	25,05	6	4,175
Bahía de carboneras	25,4	-	-
El plaza azul	22	5,75	3,82608696
Lorenzo y fina	22,25	5,75	3,86956522
Mandorri	28	7	4
Bonomar F	27,31	7	3,90142857
Port de roses	27,37	7	3,91
Puig Naulos	26,9	7	3,84285714
Media			4,01586353

Tabla 3. Relación L/B base de datos

	Buque proyecto
Eslora total	22,6
Manga	5,62396
L/B	4,018520758

Tabla 4. Relación L/B buque proyecto

Tanto los buques de la base de datos utilizada como el buque proyecto respetan los valores del estudio de Alaez Zazurca.

### 3.2 B/T

De igual forma que en el apartado 2.3.1 se va a utilizar el estudio mencionado anteriormente para corroborar la fiabilidad de los resultados, esto se debe a que la base de datos que está presente en el desarrollo de la publicación dispone de mucha más información sobre buques de pesca.

Analizando esta vez la figura 11, no se observa relación entre la eslora y la relación adimensional Manga-Calado. No obstante, para esloras reducidas esta relación dista en gran medida de la recta de regresión, mientras que para esloras cercanas a 60 metros, los datos tienden a la recta de regresión.

Para esloras similares al buque proyecto, la relación Manga-Calado oscila entre los valores 2 y 3.

	Buque proyecto
Manga	5,62396
Calado	2,54138
B/T	2,212955166

Tabla 5. Relación B/T buque proyecto

Como se puede observar en la tabla, los valores del buque proyecto respetan los datos obtenidos en la publicación.

## 4 Formas

### 4.1 Perfil de proa

Las formas de proa de cualquier embarcación son de gran importancia, esto se debe a las resistencias que resultan de la elección de un tipo u otro. De estas, la resistencia al avance está formada por dos componentes, una debida a la viscosidad del fluido al estar en contacto con la obra viva y otra debida a la gravedad que genera un sistema de olas que acompaña el buque.

Las variables principales que influyen en cada una de las componentes de la resistencia al avance es la velocidad y la forma de la carena. Cuando la embarcación navega a velocidades reducidas, la resistencia por origen viscoso pueden llegar a ser el 80% de la resistencia total. Mientras que al aumentar la velocidad, esta componente se reduce y se incrementa la resistencia por formación de olas incluso hasta invertir los porcentajes.

La resistencia por formación de olas se debe a la perturbación del equilibrio de la superficie libre, el buque al avanzar acumula agua en la proa y por acción de la gravedad para establecer nuevamente el equilibrio se forman las olas. Cuanto mayor es la perturbación, más grande será el sistema de ola y por tanto la resistencia. De manera que, el objetivo para embarcaciones rápidas como la de este proyecto, es la de generar la mínima perturbación. Para ello, es esencial que el cuerpo de entrada sea muy fino con variaciones suaves en las secciones y con lanzamiento de la proa, esto evita que la proa corte el agua en la misma perpendicular.

En el trayecto Puerto-Caladero donde se alcanzan altas velocidades es conveniente un perfil de proa fino y lanzado. Sin embargo, en las operaciones de pesca la velocidad de arrastre oscila los 3,5 nudos, de forma que predomina la resistencia por origen viscoso. Con el objetivo de reducir este componente, se debe disminuir la superficie mojada lo máximo posible.

En resumen, la proa debe ser:

- Fina con lanzamiento de la proa
- Mínima superficie mojada posible.

#### **4.1.1 Conveniencia del bulbo de proa**

Elegir si el buque a desarrollar debe disponer o no de un bulbo de proa depende principalmente de las dimensiones, aunque inicialmente las ventajas que presenta son:

- Reducir la resistencia por formación de ola
- Reducir la resistencia por ola rompientes
- Reducir la resistencia residual

#### **4.1.2 Campo de aplicación**

La conveniencia de colocar un bulbo en la proa ha sido motivo de estudio en las últimas décadas. Los primeros resultados de mayor relevancia sobre el bulbo de proa se obtuvieron en 1936 en la publicación "La Teoría del bulbo de proa y su aplicación práctica" por Wigley [4] donde su aplicación estaba limitada a números de Froude entre 0.238 y 0.565.

El número de Froude del buque a proyectar es de 0.52, así que cumple con ese requisito.

Años más tarde, se observó que su utilidad puede ampliarse a otros valores incluso para los que la resistencia por formación de olas es pequeña ya que puede mitigar los torbellinos del pantoque.

Además, disponer de un bulbo de proa para velocidades correspondientes a números de Froude para los que es aconsejable, es un asunto discutido pero no por los beneficios que aporta, sino porque en pesqueros pequeños su construcción no está justificada por ser muy costosa.

En el año 1956, Johnson N. Vihelm [5] realizó un artículo de investigación llamado "Test with bulbous bow on trawlers" donde al analizar cuatro modelos de arrastreros de esloras comprendidas entre 25 y 27 metros demostró que, para ciertas velocidades las ganancias podían llegar a ser del 20%. También Doust [6], en la publicación "Bulb Trawlers" del año 1961, llegó a la conclusión que los bulbos de proa en los arrastreros podían ahorrar hasta un 20% de la potencia propulsora.

Dos décadas más tarde, Gören y Calisal [7] escribieron un artículo en la Sociedad de Arquitectos Navales e Ingenieros Marinos (SNAME) llamado "Optimal hull forms for fishing vessels" en el que afirman que se pueden lograr reducciones de hasta un 10% en la resistencia total de buques pesqueros añadiendo un bulbo adecuado.

Finalmente, en la publicación "Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros" por Amadeo García Gómez [1], se explica un procedimiento de predicción de potencia-velocidad para pesqueros con una limitación de eslora comprendidas entre 25 y 50 metros, desarrollado únicamente por dimensiones principales, y un criterio de aplicación del bulbo de proa en pesqueros, así como el procedimiento para determinar su protuberancia óptima, indicándose al mismo tiempo su área e inmersión.

En el documento, después de analizar 47 buques con bulbo de proa, se llega a la conclusión que para valores de  $L_{pp}/B \geq 4.5$  es estadísticamente probable que el adoptar formas de proa dotadas de bulbo en buques pesqueros, no sólo no reporta ninguna disminución de potencia en aguas tranquilas sino que es incluso perjudicial cualquiera que sea la velocidad a la que se navegue.

$L_{pp}/B$  del buque a proyectar es de 4.02.

Como el buque a proyectar respeta las limitaciones propuestas por los investigadores tanto en número de Froude como en relación adimensional  $L_{pp}/B$  y además el buque base ya dispone de bulbo de proa, se llega a la conclusión que es conveniente su inclusión en las formas del buque.

#### **4.1.3 Optimización**

En la actualidad se dispone de numerosos ensayos que se han realizado a mercantes, esto permite con un uso racional de la base de datos, determinar las dimensiones más idóneas del bulbo. No obstante, esto no sucede con los pesqueros ya que existen dos razones fundamentales:

- No se disponen de resultados de ensayos llevados a cabo con series sistemáticas de pesqueros con bulbo que permitan una generalización de los parámetros del proyecto.
- Al aplicarse el bulbo de proa en buques pesqueros, se recurría al canal y, por tanto, todos los proyectos de la primera época responden, en general, a unos criterios análogos, pero sin poder comprobar hasta qué punto los proyectos de bulbo estaban optimizados, por razones obvias de falta de tiempo y de financiación.

No obstante, la optimización del bulbo de proa en un futuro puede ser determinante para cumplir con las exigencias medioambientales que son cada vez más frecuentes por parte de la Organización Marítima Internacional.

Finalmente, las formas del bulbo de proa del buque proyecto estarán adaptadas del buque base a través de una transformación paramétrica. También, se deja una vía de optimización del bulbo para que próximos alumnos interesados mejoren las formas a través de programas CFD



## **4.2 Perfil de popa**

Un fenómeno de gran importancia para la resistencia y que está en relación con la viscosidad es la separación de la capa límite. Este se produce en la popa y se observa al generarse torbellinos en la estela del buque. La solución de este problema es evitar la separación de fluidos con una mayor longitud en el cuerpo de salida y con una variación de las secciones de proa a popa suaves.

Como se ha comentado previamente en el apartado 2.4.1; la superficie mojada debe ser lo más reducida posible. No obstante, al ser una zona de gran importancia para los buques de pesca de arrastre de popa cerrada, tanto para permitir una abertura de la red correcta en arrastre como para clasificar las capturas, no es posible disminuir la superficie mojada en esta zona del perfil de popa.

En la transición del perfil de proa a popa, el buque cambiará de formas suavemente, en la proa es necesario que hayan formas en V para reducir la resistencia por formación de olas, mientras que en el paso a popa se variará a unas formas en U para aprovechar mejor los espacios finalizando en un espejo de popa [3].

### **4.2.1 Quillote**

En el perfil de popa también está presente el quillote, elemento imprescindible en los buques de pesca de arrastre cuya dimensión está definida principalmente por el diámetro del eje.

El principal inconveniente del quillote es el aumento de la superficie mojada. No obstante, sus ventajas son definitorias para su disposición en las formas, ya que es necesario para situar la hélice en suficiente inmersión; y permite equilibrar los pesos a bordo al poderse rellenar de hormigón.

## **5. Derivación de formas**

Las formas finales del buque proyecto se han obtenido al tomar como referencia el plano de formas facilitado por el "Astillero y Varadero de Carboneras" del buque base. El proceso ha sido el siguiente:

Primero se han desarrollado las formas del buque base a partir del plano de formas del astillero de Carboneras, para luego someterlas a una transformación que consiga las formas del buque a proyectar. La transformación afín mantiene los coeficientes de forma del buque base.

Utilizando los datos del buque base, se ha realizado una transformación afín al casco en las tres direcciones espaciales, en esta acción se modifican las dimensiones principales del buque base para lograr las deseadas.

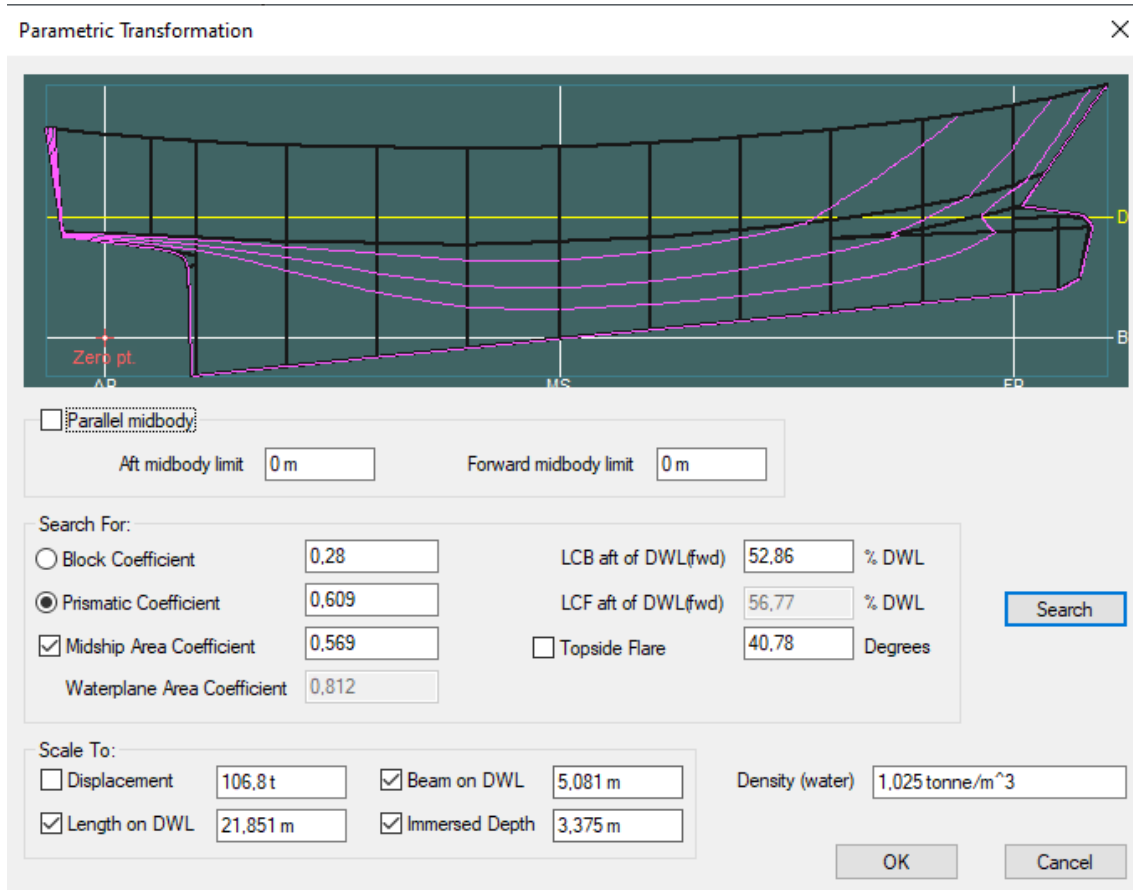


Figura 1. Transformación paramétrica

## 6. Valores hidrostáticos

Los valores hidrostáticos obtenidos de la embarcación para las diferentes líneas de agua con una densidad para el agua de 1,025 ton/m<sup>3</sup> y trimado nulo son:

Concepto	Valores				Unidades
Calado en la sección media	0,423	0,847	1,27	1,693	m
Desplazamiento	2,324	7,829	19,97	39,58	t
Volumen desplazado	2,267	7,638	19,485	38,613	m <sup>3</sup>
Calado total	1,25	1,673	2,096	2,52	m
Eslora de flotación	12,637	16,948	18,991	19,232	m
Manga máxima de flotación	0,888	2,249	3,421	4,358	m
Área mojada	19,15	38,326	62,16	87,535	m <sup>2</sup>
Área máxima seccional	0,265	0,873	2,06	3,712	m <sup>2</sup>
Área en flotación	6,776	19,762	36,404	54,434	m <sup>2</sup>
Coeficiente prismático (Cp)	0,685	0,52	0,5	0,542	
Coeficiente de bloque (Cb)	0,163	0,121	0,144	0,183	
Coeficiente de la maestra (Cm)	0,021	0,049	0,083	0,112	
Coeficiente del área en flotación (Cwp)	0,032	0,068	0,107	0,154	
LCB (desde 0 hacia la proa)	6,579	8,607	9,637	9,962	m
LCF (desde 0 hacia la proa)	8,429	10,028	10,399	10,129	m
KB	0,109	0,505	0,854	1,172	m
KG	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038	m
BMt	0,117	0,634	1,152	1,536	m
BML	24,559	29,69	28,205	25,688	m
GMt corregido	0,263	1,177	2,044	2,745	m
GML	24,706	30,233	29,098	26,898	m
KMt	0,225	1,139	2,006	2,707	m
KML	24,668	30,195	29,06	26,86	m
Inmersión (TPc)	0,069	0,203	0,373	0,558	ton/cm
MTc	0,03	0,122	0,3	0,55	ton.m
RM a 1 grado= GMt.Disp.sin(1)	0,011	0,161	0,712	1,896	ton.m

Tabla 6. Valores hidrostáticos I

Concepto	Valores				Unidades
Calado en la sección media	2,117	2,54	2,963	3,387	m
Desplazamiento	68,69	107,2	147,6	190	t
Volumen desplazado	67,016	104,567	143,972	185,399	m <sup>3</sup>
Calado total	2,943	3,366	3,79	4,213	m
Eslora de flotación	21,698	21,851	20,676	21,034	m
Manga máxima de flotación	4,94	5,086	5,235	5,386	m
Área mojada	123,088	149,596	171,252	192,502	m <sup>2</sup>
Área máxima seccional	5,705	7,826	10,01	12,258	m <sup>2</sup>
Área en flotación	81,931	91,07	95,253	100,014	m <sup>2</sup>
Coeficiente prismático (Cp)	0,541	0,612	0,696	0,719	
Coeficiente de bloque (Cb)	0,212	0,28	0,351	0,389	
Coeficiente de la maestra (Cm)	0,137	0,158	0,173	0,186	
Coeficiente del área en flotación (Cwp)	0,203	0,223	0,246	0,252	
LCB (desde 0 hacia la proa)	9,791	9,327	9,057	8,954	m
LCF (desde 0 hacia la proa)	8,761	8,389	8,504	8,681	m
KB	1,488	1,791	2,054	2,305	m
KG	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038	m
BMt	1,995	1,612	1,304	1,118	m
BML	33,039	25,91	20,121	17,178	m
GMt corregido	3,521	3,44	3,397	3,461	m
GML	34,565	27,738	22,213	19,521	m
KMt	3,483	3,402	3,359	3,423	m
KML	34,527	27,7	22,175	19,483	m
Inmersión (TPc)	0,84	0,933	0,976	1,025	ton/cm
MTc	1,227	1,537	1,695	1,918	ton.m
RM a 1 grado= GMt.Disp.sin(1)	4,222	6,435	8,748	11,479	ton.m

Tabla 7. Valores hidrostáticos II

## 7. Comparación de coeficientes

Con la obtención de los coeficientes del buque proyecto a partir de los valores hidrostáticos, se procede a comparar los resultados de la estimación con estos.

	Estimación	Hidrostática
Cb	0,168	0,28
Cp	0,655	0,612
Cwp	0,685	0,246
Cm	0,5	0,158

Tabla 8. Comparación de los coeficientes

Como se puede observar, el único dato que se asemeja es el coeficiente prismático. Esto se debe a que las expresiones y fórmulas que estiman los coeficientes están creadas a partir de regresiones de bases de datos de buques mercantes.

## 8. Curva de áreas seccionales

La curva de áreas de la embarcación se obtiene del programa *Maxsurf* y representa el área bajo la línea de flotación a lo largo de la embarcación.

Este gráfico permite conocer si las formas del buque son adecuadas, donde se encuentra el centro de carena y la distribución del desplazamiento en función de la eslora.

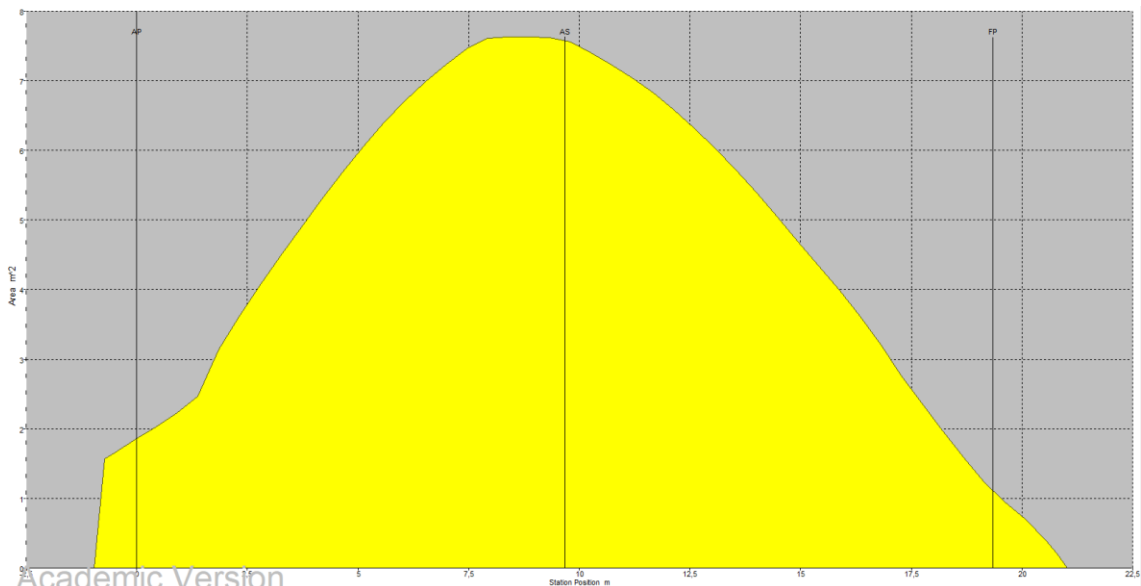


Figura 2. Curva de áreas

El gráfico se ha obtenido para el calado de diseño,  $T = 2.54$  metros. Las características que debe mostrar un gráfico de curva de áreas para considerar válido el comportamiento hidrodinámico del buque son las siguientes:

- La transición al centro del buque desde la proa y la popa debe en una primera etapa recta y luego con variaciones suaves en la sección hasta el centro.
- La zona de máxima área en la carena no se debe mostrar como un punto de inflexión con una variación de área muy elevada en una pequeña longitud, ya que podría suponer un desprendimiento prematuro de la capa límite y por tanto un incremento en la resistencia al avance.

La curva de áreas del buque proyecto cumple con las características necesarias ya que:

- Desde el bulbo de proa hasta el centro de la embarcación, la progresión de área ha sido en una primera etapa prácticamente recta hasta que a 11,70 metros de la perpendicular de popa ha variado su forma a una curva suave. La curva se ha vuelto a convertir en recta en el momento que pasaba la transición del centro hasta la popa. En la popa se observa una pequeña oscilación a 1,8 metros de la perpendicular de popa ya que el quillote desaparece.
- El espejo de popa reduce radicalmente la curva de áreas y ayuda a disminuir las turbulencias al mejorar la salida del flujo.
- En la publicación de Alaez Zazurca [3] se comenta que la posición longitudinal del centro de carena más favorable es del 3 al 3,5 % de la eslora entre perpendiculares, a popa de la cuaderna media. En este caso, el centro de carena se encuentra a 9,327 metros mientras que la sección media se encuentra a 9,668 metros de la perpendicular de popa:

$$\text{Posición del centro de carena} = \left(1 - \frac{9,327}{9,668}\right) * 100 = 3,5 \%$$

Por lo tanto, se sitúa el centro de carena en la posición más favorable.

## **9. Plano de formas**

El plano de formas del buque proyecto se ha obtenido con la función "Exportar" del programa *Maxsurf*.

Las perpendiculares se han adaptado a las formas escaladas del buque base. La perpendicular de popa se sitúa a 1,263 metros del extremo de popa donde se posicionará la mecha del timón, y la perpendicular de proa se encuentra a 20,608 metros desde el mismo punto de referencia debido a que es la zona de interacción de la roda con la línea de flotación.

La secciones transversales se han situado a lo largo de todo el buque con separaciones de 1,738 metros y otras en particular para obtener un mejor detalle de las formas en las posiciones -0,394 y 20,468 metros desde la perpendicular de popa.

De igual forma sucedió con las secciones longitudinales, cuya separación es de 0,625 metros en toda la manga.

Finalmente, las líneas de agua se situaron en un espacio de interés de estudio, empezando a 0,423 metros desde la línea base con un espaciado de 0,423 metros hasta los 3,387 metros.

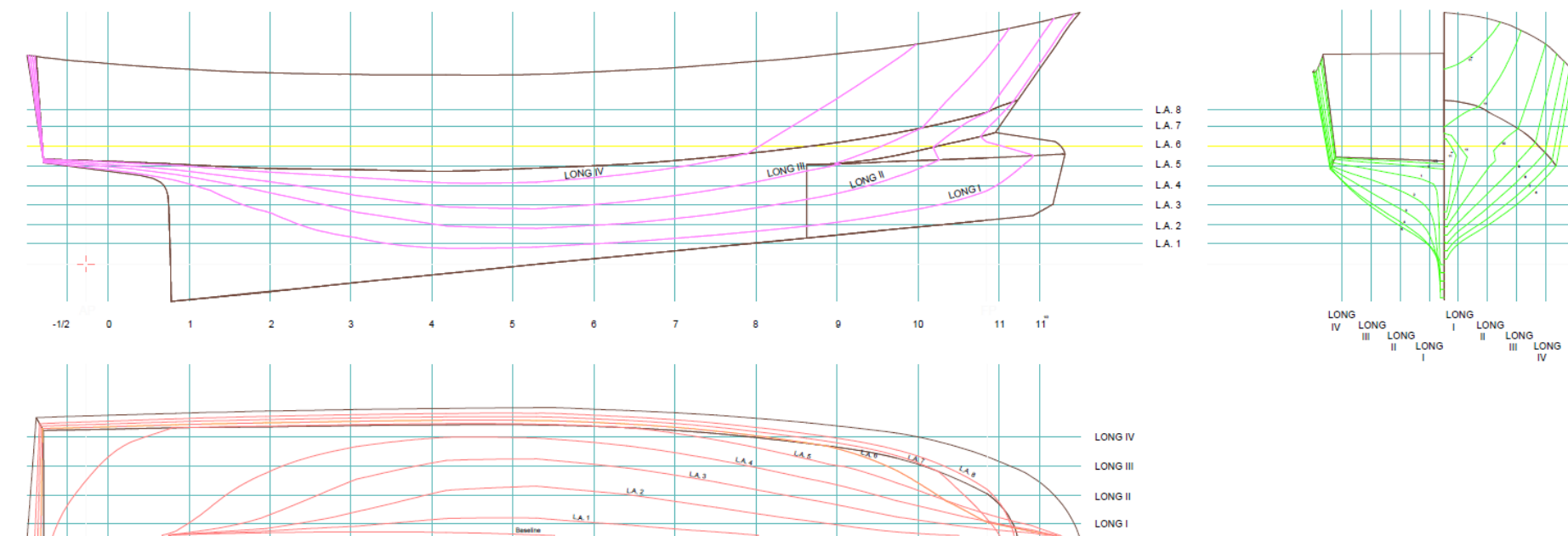


Figura 3. Plano de formas



## Bibliografía

- [1] García, G., A., « *Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros* », Publicación número 131 del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo, Madrid, Abril 1991.
- [2] Boletín Oficial de la Junta de Andalucía - Histórico del BOJA, número 242 , diciembre, 2017.
- [3] Alaez, Z., J., « *La hidrodinámica del buque de pesca* », Publicación número 134 del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo, Madrid, Octubre 1995.
- [4] Wigley, W.C.S. « *La teoría del bulbo de proa y su aplicación práctica* », 1936.
- [5] Johnson, N., V., « Tests with bulbous bow on trawlers », International Shipbuilding Progress, vol. 3, nº 28, Rotterdam 1956.
- [6] Doust, D., J., « *Bulb Trawlers* », Ship and Boat Builder, Junio, 1961.
- [7] Gören, Ö., y Calisal, S., M., « *Optimal hull forms for fishing vessels* », Spring meeting/Star symposium, SNAME, 1986.

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 3**

### **Disposición general**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica









# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2 CONSIDERACIONES PREVIAS</b>	<b>2</b>
<b>3 SITUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>3</b>
<b>3.1 CLARA ENTRE CUADERNAS, BAOS Y VARENGAS</b>	<b>3</b>
<b>3.2 MAMPAROS ESTANCOS</b>	<b>4</b>
3.2.1 MAMPARO DE COLISIÓN	5
3.2.2 MAMPAROS DE CÁMARA DE MÁQUINAS	6
3.2.3 MAMPAROS DE LA CUBIERTA DE TRABAJO	6
3.2.4 REPRESENTACIÓN DE LOS MAMPAROS	7
<b>4. DISPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS DEL BUQUE</b>	<b>8</b>
<b>4.1 CUBIERTA INFERIOR</b>	<b>8</b>
<b>4.2 CUBIERTA DE FRANCOBORDO</b>	<b>8</b>
<b>4.3 CUBIERTA DE CASETA O SUPERIOR</b>	<b>9</b>
<b>5 DISPOSICIÓN GENERAL</b>	<b>9</b>
<b>5.1 HABILITACIÓN</b>	<b>9</b>
5.1.1 CAMAROTES	9
5.1.2 COCINA	10
5.1.3 COMEDOR	11
5.1.4 LAVANDERÍA	12
5.1.5 BAÑOS	12
5.1.6 TALLER	13
5.2 PUENTE	14
<b>5.3 ZONA DE TRABAJO</b>	<b>15</b>
<b>5.4 CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	<b>16</b>
5.4.1 LOCAL DE EMERGENCIA	17
<b>5.5 LOCAL PARA EL SERVOMOTOR</b>	<b>17</b>
<b>5.6 DISPOSICIÓN DE LOS TANQUES DEL BUQUE</b>	<b>18</b>
5.6.1 TANQUES DE COMBUSTIBLE	18
5.6.2 TANQUES DE ACEITE DE MOTOR E HIDRÁULICO	18

5.6.3 TANQUE DE SENTINA	19
5.6.4 TANQUE DE AGUA DULCE	19
5.6.4 TANQUE DE AGUAS RESIDUALES	19
<b>6. PLANO DE LOS TANQUES EN CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO 1: PLANOS DEL BUQUE PROYECTO</b>	<b>1921</b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. POSICIÓN DE LOS MAMPAROS.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 2. CAMAROTES.....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 3. COCINA .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 4. COMEDOR.....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 5. LAVANDERÍA .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 6. BAÑO EN CUBIERTA DE FRANCOBORDO.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 7. BAÑO EN CUBIERTA INFERIOR .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 8. TALLER .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 9. PUENTE.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 10. ZONA DE TRABAJO .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 11. CÁMARA DE MÁQUINAS.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 12. LOCAL DE EMERGENCIA .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 13. TANQUES DE CÁMARA DE MÁQUINAS .....</b>	<b>19</b>



## **1 Introducción**

El cuaderno de "Disposición General" consiste en diseñar los diferentes espacios del interior del buque en base a los parámetros y dimensiones obtenidas previamente, las necesidades de la embarcación y las restricciones del buque.

Se debe considerar que el buque de pesca es un arrastrero al fresco en el Mar Mediterráneo cuya especie objetivo es la gamba roja, por lo tanto, las capturas se almacenarán en la nevera de la cubierta principal y se evitará la disposición de un espacio dedicado a la bodega.

Por otra parte, la distribución de los compartimentos junto con los pesos de los elementos que se encuentren en los mismos, debe resultar en el cumplimiento de los requisitos de distribución de pesos, estabilidad y resistencia estructural que se detallarán en los cuadernos 10 y 11.

- Los espacios y aspectos que se van a definir son:
- Posición del mamparo de colisión y mamparos estancos
- Clara entre cuadernas
- Habilitación
- Cámara de máquinas
- Espacio dedicado a las operaciones de pesca
- Salidas de emergencia

Las normativas a seguir para cumplir con los requisitos de este tipo de embarcación son: las normas de la Sociedad de Clasificación *American Bureau of Shipping* [3] y el Real Decreto 543/2007 [5].

## **2 Consideraciones previas**

Los buques dedicados exclusivamente a la pesca de gamba roja en el Mediterráneo comparten la distribución principal con los buques de pesca de arrastre común. Sin embargo, se diferencian de estos en administración de los espacios debido a la particularidad de la especie objetivo. Las consideraciones a tener en cuenta son:

- **Habilitación para 4 tripulantes:** En los años 90, para este tipo de barcos se embarcaban 9 tripulantes para realizar las operaciones de pesca, pero con la evolución de las tecnologías y el aumento en el precio del gasoil, la tripulación se ha reducido hasta un promedio de 5 tripulantes.
- **Eliminación de la bodega:** La pesca diaria de gamba roja ronda los 100 kg con un máximo de 150 kg en capturas debido a la pesca de otras especies no objetivo pero comerciables. La captura diaria ocupa alrededor de 10 cubetas cuyo volumen no justifica la disposición de la bodega.
- **Disposición de la nevera en la cubierta de trabajo** para conservar la calidad de las capturas.
- **Disponer como en cualquier buque de pesca de arrastre de popa cerrada**, el parque de pesca en la popa y situar la caseta en la proa.

### **3 Situación de los elementos estructurales**

La disposición de los elementos estructurales se va a realizar siguiendo las directrices del Real Decreto 543/2007 y la Sociedad de Clasificación ABS.

La elección de la Sociedad de Clasificación American Bureau of shipping se debe a que la información que ofrece para los buques de pesca de fibra de vidrio reforzada es muy completa facilitando una gran cantidad de fórmulas para el cálculo del dimensionamiento y el laminado en cada uno de los elementos en comparación con la Lloyd's Register o la DNV GL. El documento de la ABS con el que se desarrollará el cuaderno de disposición general es el "Rules for Building and Classing Reinforced Plastic Vessels" del año 1978 [3], esta es la última actualización.

Las decisiones que determinan la posición y dimensionamiento de los elementos se explicarán en cada apartado.

También, es de gran importancia que los refuerzos transversales como los mamparos coincidan con las cuadernas para que aumente la resistencia estructural.

#### **3.1 Clara entre cuadernas, baos y varengas**

A pesar de la gran cantidad de información que se encuentra en la normativa de la ABS, no se menciona ningún cálculo o fórmula que permita estimar la clara entre cuadernas en buques de plástico reforzado con fibra de vidrio, la única limitación presente al establecer los espaciados entre los refuerzos es que la distancia máxima entre ellos es de 2,2 metros. De igual forma sucede con la Sociedad de Clasificación DNV GL de la edición 2020 [1], acudiendo a la normativa específica de los buques de pesca, Capítulo 12 de la Parte 5, no hay mención al espaciado entre cuadernas. Sin embargo, en la edición 2003 de la normativa DNV GL [2], exactamente en el artículo 101, punto B, sección 1, capítulo 6, parte 5; sí que se facilita una fórmula de estimación de la clara entre cuadernas:

$$S_s = 0,48 + 0,002 * L_{pp} (m)$$

Siendo:

L<sub>pp</sub> o Eslora entre perpendiculares = **19,346 metros**

El espaciado de las cuadernas debe ser aproximadamente:

$$S_s = 0,48 + 0,002 * 19,346 = 0,519 m$$

Ajustando las cuadernas con una separación equidistante a la longitud del buque desde el extremo de popa hasta la perpendicular de proa (20,608 metros), se obtiene un número de 40 cuadernas con un espaciado de 515.2 mm, un valor muy similar al estimado con la fórmula de la DNV GL.

Exactamente, el número de cuadernas sería de 39,71; pero las cuadernas son un número entero que al ser redondeado hacia abajo, el espacio entre cuadernas es mayor a lo estimado y su dimensionamiento será mayor, en caso de redondear hacia arriba, habrán más cuadernas en menos espacio por lo que la cantidad de material necesario para formar las cuadernas será menor.

Por otra parte, la estructura que se va a disponer en el buque es transversal, manteniendo continuidad de los elementos longitudinales por medio de consolas dispuestas en las varengas y mamparos. Al ser una estructura transversal, el Real Decreto 543/2007 menciona que se dispondrán varengas en cada clara de cuadernas y longitudinales adecuadamente espaciados.

Las cuadernas se unirán eficazmente a las varengas y baos; y se dispondrán baos en cada clara de cuadernas por el Real Decreto 543/2007 [5]. Por lo tanto, el espaciado entre cuadernas será común para los baos y varengas.

### **3.2 Mamparos estancos**

Tomando como referencia el Real Decreto 543/2007 [5], las embarcaciones cuya eslora sea mayor o igual a 12 metros deben llevar instalado como mínimo un mamparo de colisión y dos mamparos estancos que limiten el espacio de la cámara de máquinas.

Como el mamparo de proa de cámara de máquinas no coincide con el mamparo estanco requerido en la cubierta principal, se instalará otro para evitar la entrada de agua en la habitación.

En estos elementos de estanqueidad se debe considerar la reducción en todo lo posible de realizar aberturas, que en caso de llevarse a cabo deberán estar equipadas de medios de cierre o de obturación que garanticen su integridad. Además, en casos que los espacios contiguos a la cámara de máquinas tengan un 25% de volumen superior, no se instalarán en los mamparos puertas o medios de paso.

Los mamparos a instalar se deben prolongar hasta la cubierta de trabajo.

### 3.2.1 Mamparo de colisión

El pique de proa se sitúa desde la perpendicular de proa hacia popa con un rango de limitación que está definido por:

$$0,05 * L \leq x \leq 0,07 * L$$

Donde:

L es la eslora entre perpendiculares

En caso de que la obra viva se extienda a proa de la perpendicular de proa, como es la existencia del bulbo de proa, la distancia se tomará desde el punto medio de la prolongación que sobresalga de la perpendicular de proa o desde un punto situado a proa de la perpendicular de proa que diste de esta  $0,015 * L$  si esta dimensión es menor.

La prolongación de la obra viva o bulbo de proa, mide 1.672 metros desde la perpendicular de proa, siendo el punto medio de 0,836 metros. Por otra parte, aplicando la fórmula del Real Decreto, se obtiene:

$$Distancia RD = 0,015 * L$$

$$Distancia RD = 0,015 * 19,346 = 0,29 m$$

Donde:

L es la eslora entre perpendiculares; 19,346 metros.

Como la distancia de la ecuación del Real Decreto es menor a la mitad del bulbo de proa, se establecerá el pique de proa desde los 0,29 metros a proa de la perpendicular de proa. Se situará en:

$$0,05 * L \leq x \leq 0,07 * L$$

Sustituyendo:

$$0,05 * 19,346 \leq x \leq 0,07 * 19,346$$

$$0,9673 \leq x \leq 1,3542$$

Como el espaciado entre las cuadernas es de 515,2 mm y es de gran importancia que coincidan los mamparos con las cuadernas, el mamparo de colisión se situará a 1,03 metros hacia popa desde la perpendicular de proa coincidiendo con la cuaderna 38, ya que es la única posición de coincidencia entre el espaciado de las cuadernas con el rango de limitación del pique de proa.

### **3.2.2 Mamparos de cámara de máquinas**

Como bien se ha comentado anteriormente, dos de los mamparos que se deben instalar a bordo se sitúan en los límites de la cámara de máquinas. Este espacio se ha definido comparando las formas y el espacio disponible del buque proyecto con los planos de disposición general de buques de pesca de arrastre del Mar Mediterráneo. Se establece el espacio de cámara de máquinas desde la cuaderna 7 hasta la 28 con una longitud total de 10,80 metros, pero el mamparo estanco de proa se encuentra en la cuaderna 25 debido al motivo que se va a explicar a continuación.

Para situar satisfactoriamente la fuente de energía eléctrica de emergencia en un lugar fuera de los espacios de máquinas y asegurando su funcionamiento en caso de avería [6], incendio u otras causas de fallo de las instalaciones eléctricas principales, se realiza una abertura en el mamparo estanco de proa de la cámara de máquinas con un medio de cierre que garantice su integridad, en esta zona se situará el generador de emergencia y el transformador de emergencia, este espacio abarca desde la cuaderna 25 hasta la 28.

Ambos mamparos serán estancos y se prolongarán hasta la cubierta de trabajo.

### **3.2.3 Mamparos de la cubierta de trabajo**

El motivo de haber instalado el mamparo de la cubierta de trabajo en una posición de no coincidencia con el mamparo de proa de la cámara de máquinas se debe a la incompatibilidad del espacio requerido por el generador de emergencia y las maquinillas de arrastre. Este mamparo se situará en la cuaderna 28.

### 3.2.4 Representación de los mamparos

A continuación se va a mostrar una imagen donde se puede observar la posición de los mamparos estancos en el buque proyecto.

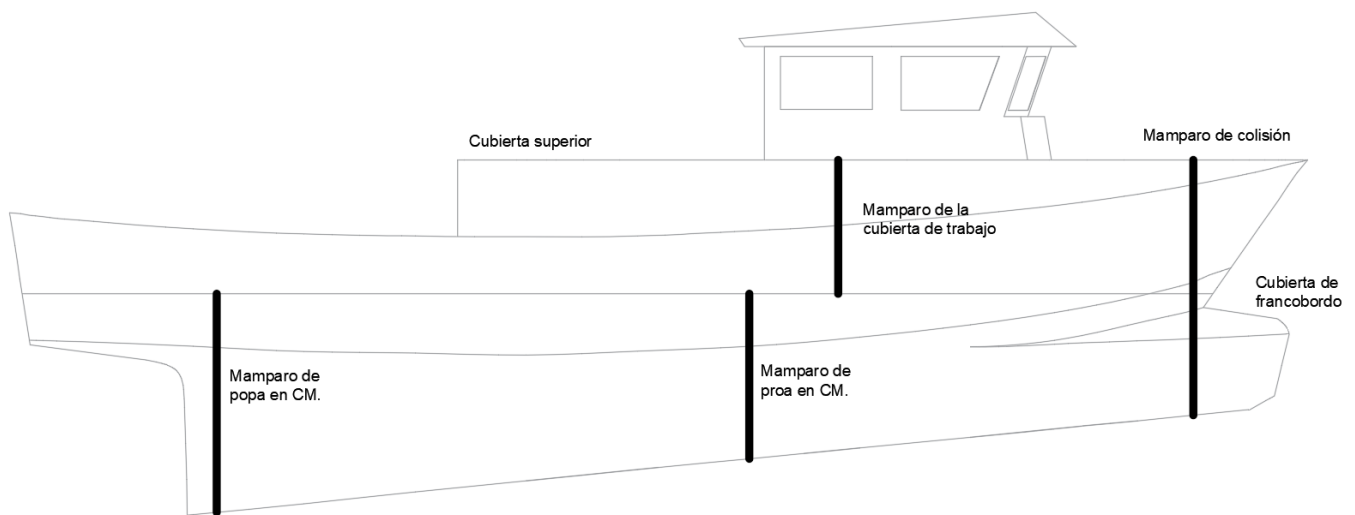


Figura 1. Posición de los mamparos

#### **4. Disposición de las cubiertas del buque**

Contactando con un astillero de Arenys de Mar, la altura entre cubiertas debe ser de 2,2 metros como mínimo ya que se requiere un espacio de 20 centímetros aproximadamente entre refuerzos y falso techo para instalar las tuberías y cableado. Por otra parte, la altura libre de tránsito entre espacios se recomienda en 2 metros, aunque se puede tomar como referencia el comentario del Real Decreto 543/2007 [5] en el apartado de "dimensionamiento de los camarotes", donde está prohibido diseñar este espacio con una altura inferior a 1,80 metros y se recomienda una altura de 1,90 metros.

Tomando estos valores como referencia se han dimensionado las cubiertas de la siguiente manera:

- Cubierta superior = 2 metros (sin refuerzos)
- Cubierta de francobordo = 2,36 metros
- Cubierta inferior = 2,10 metros

##### **4.1 Cubierta inferior**

A popa de la cubierta inferior se dispone del espacio del servomotor que sirve como compartimento de seguridad ante colisiones, en caso de que ocurra un accidente y se cree un boquete en el extremo de popa, el agua no accederá a la cámara de máquinas.

También se encuentra la cámara de máquinas en la que se sitúan todos los tanques, motor principal, generadores y escaleras de acceso desde la cubierta de francobordo, este espacio se divide en dos partes para separar la maquinaria y equipo auxiliar de emergencia del resto de elementos, este compartimento dispone de una trampilla de emergencia hasta la cubierta de francobordo.

Por otra parte, en la proa se dispone de habilitación con espacios para la cocina, comedor, lavabo con ducha, taller y ruta de escape con trampilla a popa del mamparo de colisión.

##### **4.2 Cubierta de francobordo**

En la cubierta de francobordo se diferencian dos espacios, la zona de trabajo y la habilitación, que están separados por un mamparo estanco a 14,15 metros del extremo de popa.

La primera zona mencionada se caracteriza por disponer de los elementos característicos de la pesca de arrastre y escaleras verticales de acceso a la cubierta superior y cubierta inferior.

El equipo o maquinaria propia de la pesca de arrastre está formada por:

- Portones
- Pastecas



- Pescante
- Maquinilla de cable
- Maquinilla de mallea

No obstante, en la habilitación se sitúa un lavabo simple, camarotes con literas para 4 tripulantes, un taller, espacio para objetos de limpieza debajo de la escalera de estribor y una ruta de escape al exterior a popa del mamparo de colisión.

En esta cubierta se encuentran dos escaleras interiores que permiten el acceso a la cubierta superior en inferior.

#### **4.3 Cubierta de caseta o superior**

Finalmente, en lo más alto del buque se encuentra la cubierta de caseta con el puente de gobierno, un espacio a popa dedicado a las balsas salvavidas y a proa se sitúan las trampillas de acceso a la cubierta de francobordo y al pozo de anclas.

En la caseta se dispone para aportar comodidad al capitán de un armario, un espacio de descanso y una mesa de cartas.

### **5 Disposición general**

#### **5.1 Habilitación**

##### **5.1.1 Camarotes**

En la habilitación se debe priorizar en todo momento su posición en el centro o en la popa de la embarcación. Se autoriza la instalación de camarotes a proa de la embarcación por parte de la Administración marítima al considerarse un inconveniente el emplazamiento en cualquier otro lugar a causa de las artes de pesca de ese buque que se emplean. Eso sí, bajo ningún concepto se permite la disposición de camarotes por debajo de la cubierta de trabajo.

La superficie por ocupante en el camarote para buques de eslora igual o superior a 20 metros es de 1 m<sup>2</sup>. Además, la altura libre de los camarotes entre el piso y la parte inferior del techo o aparatos de alumbrado no será inferior en ningún caso a 1,80 y dentro de lo posible a 1,90 metros.

Al haber 4 personas trabajando en el pesquero, no hay problemas de número máximo de personas que pueden alojarse en un camarote, siendo el máximo de 6 para personal subalterno.

Según el Anexo I del Real Decreto 963/2013 [4], en un buque de arrastre en el Mediterráneo de pesca litoral con eslora mayor a 20 metros, la tripulación mínima de seguridad es de 4, un capitán, un jefe de máquinas y dos marineros.

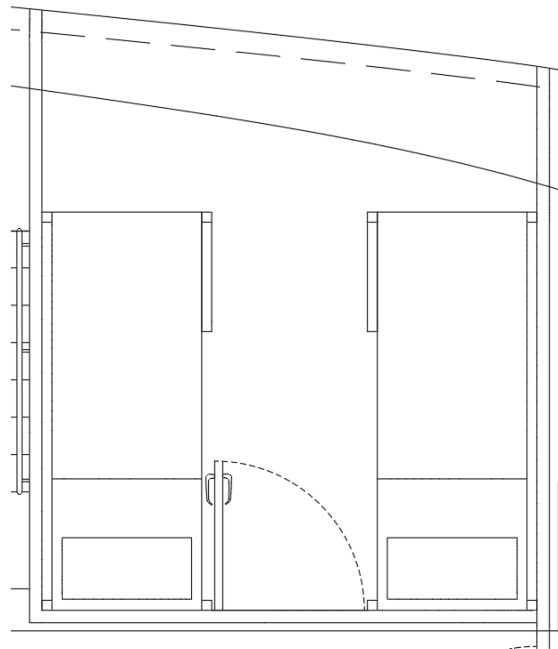


Figura 2. Camarotes

La principal función de los camarotes es la de descansar durante los trayectos de puerto-caladero ya que para trabajar en los buques de pesca de arrastre de gamba roja se requiere estar presente a las 5AM, y así poner a punto todos los equipos y maquinaria. Al ser un buque de trayectos diarios, no se dormirá como tal en los camarotes.

### 5.1.2 Cocina

La cocina se sitúa a babor de la cubierta inferior, aprovechando el espacio muerto debajo de las escaleras interiores. Está equipado con los electrodomésticos y elementos básicos de cualquier cocina:

- Nevera
- horno
- Pica
- Microondas
- Armarios de almacén de alimentos

Se ha posicionado cerca del comedor para que el recorrido de cocinar a comer sea el mínimo posible. Sus dimensiones son 2,32 x 2,36 x 2 metros con una superficie de 5,48 m<sup>2</sup>.

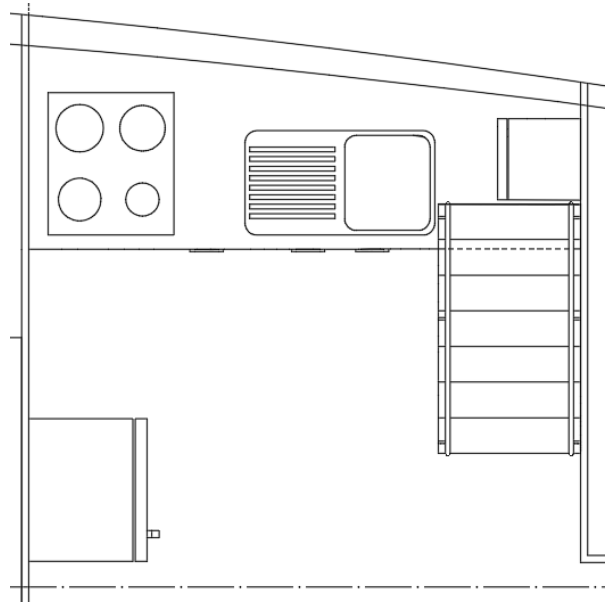


Figura 3. Cocina

### 5.1.3 Comedor

En el lado opuesto a la cocina se encuentra el comedor y consta de una mesa con 4 sillas para los tripulantes, al ser un espacio reducido no se puede disponer de televisión u otro aparato para el entretenimiento. La superficie de este área es de 5,23 m<sup>2</sup> y se accede por las escaleras interiores.

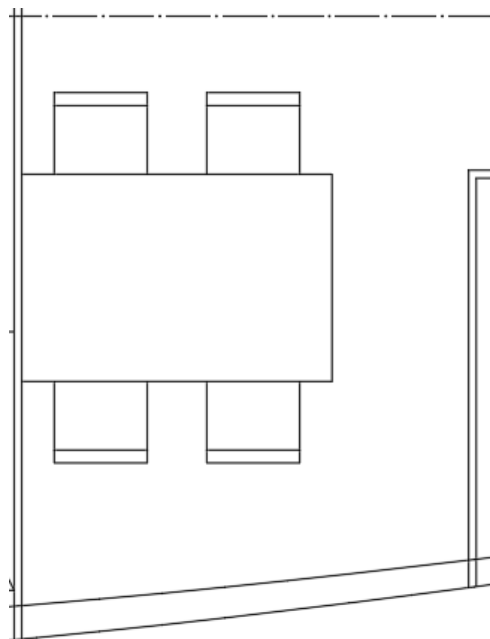


Figura 4. Comedor

#### **5.1.4 Lavandería**

La lavandería se encuentra a proa a de las escaleras interiores y en el lado de estribor, consta de 1 lavadora y 1 secadora para limpiar los EPIs y un armario para almacenarlos. Este compartimento abarca una superficie de 3,03 m<sup>2</sup>.

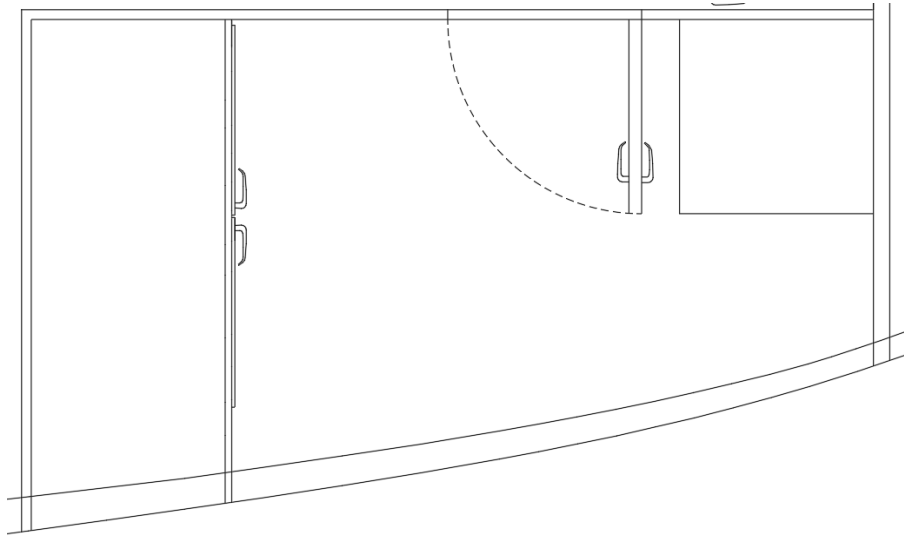


Figura 5. Lavandería

#### **5.1.5 Baños**

En el buque se dispone de dos baños, uno en la cubierta de francobordo y otro en la cubierta inferior.

##### **5.1.5.1 Baño de c. de francobordo**

Se accede a este baño desde el mamparo estanco de la zona de trabajo o desde las escaleras interiores. Es un aseo simple, está equipado con una pica y un inodoro; y la superficie del compartimento es de 1,73 m<sup>2</sup>.

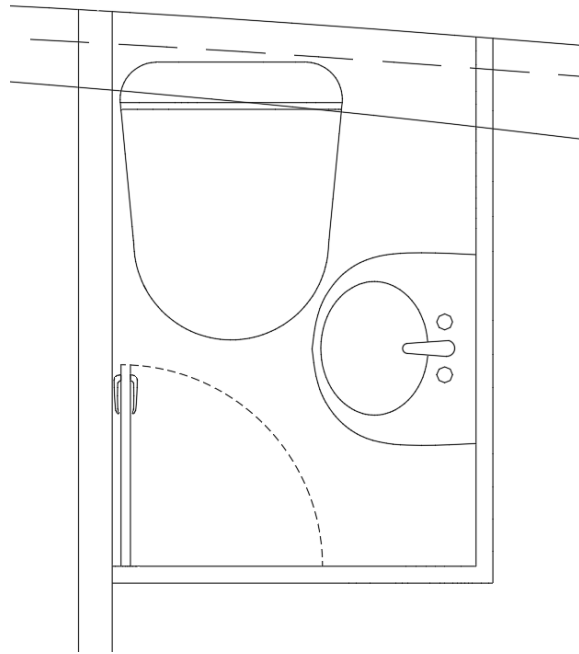


Figura 6. Baño en cubierta de francobordo

#### 5.1.5.2 Baño de c. inferior

Se encuentra en el lado opuesto a la lavandería y a diferencia del baño de la cubierta de francobordo, en este se dispone de una ducha para que los tripulantes puedan asearse una vez terminada la jornada. La superficie del espacio es de  $3,166 \text{ m}^2$ .

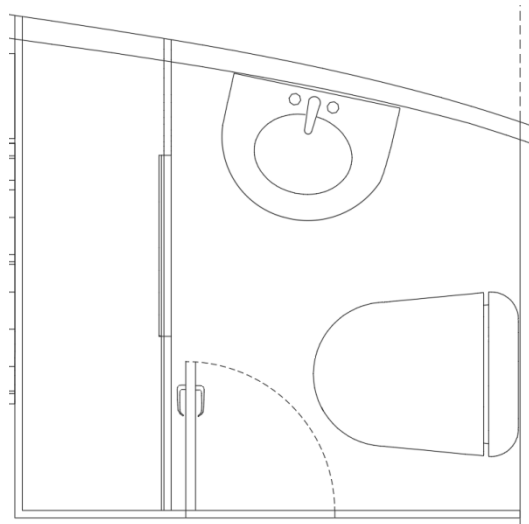


Figura 7. Baño en cubierta inferior

#### 5.1.6 Taller

El taller es un espacio de almacenamiento del equipo de soldadura y de los repuestos que se requieran para solventar problemas durante las jornadas de trabajo, un ejemplo es la rotura de la cadena de los portones. Este compartimento abarca una superficie de  $4,62 \text{ m}^2$ .

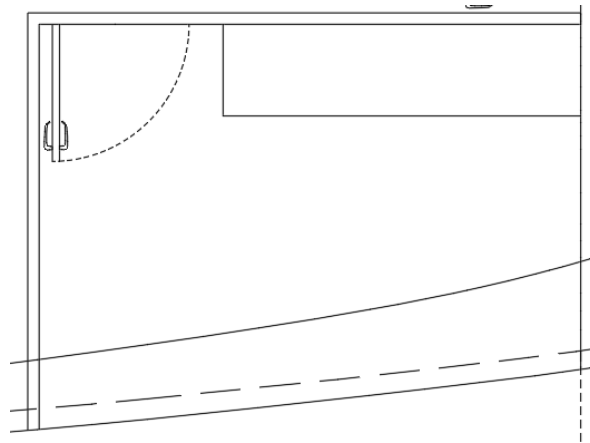


Figura 8. Taller

## 5.2 Puente

El espacio situado a mayor altura en el buque proyecto es el puente, este compartimento permite gobernar el buque y dispone de un armario, una mesa de cartas náuticas y una pequeña área de descanso formada por una mesa y un sofá en L. Se accede por las escaleras interiores o por la puerta de popa que se comunica con la zona de trabajo por una escalera vertical. Las ventanas están presentes en todas las limitaciones del espacio para maniobrar según requiera la situación y las ventanas de proa están inclinadas para evitar los reflejos.

La superficie de este compartimento es de 15,9 m<sup>2</sup>.

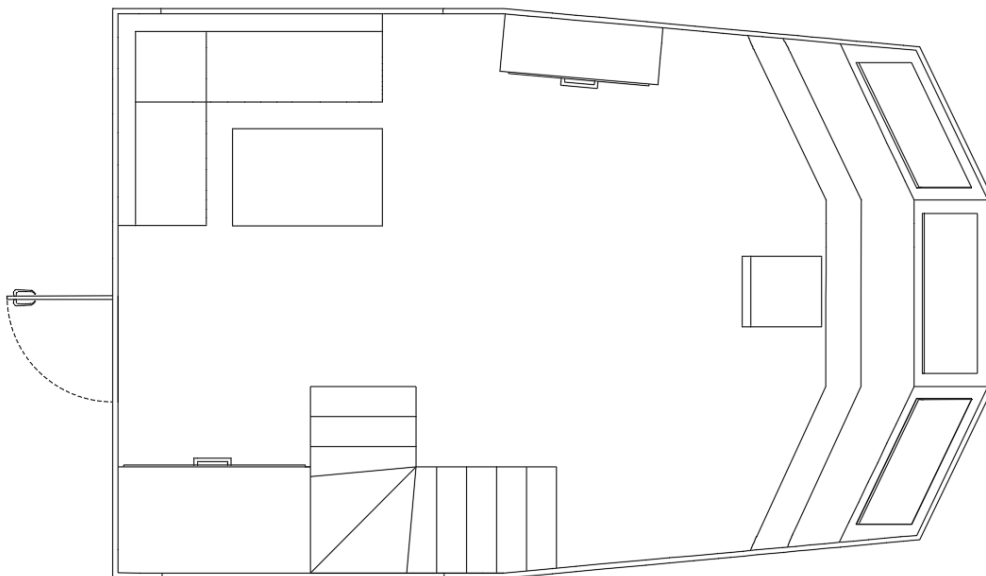


Figura 9. Puente

### 5.3 Zona de trabajo

A popa del mamparo estanco de la cuaderna 13, se sitúa la zona de trabajo o de máxima presencia durante las operaciones de pesca. En este espacio se encuentra la maquinaria y equipo característico de las embarcaciones de arrastre, siendo:

- Portones
- Pastecas
- Pescante
- Maquinillas de cable
- Maquinillas de malleta
- Tambor

Los portones escogidos son ovalados debido a que su comportamiento en el fondo es de los mejores, el peso unitario es de 300 kg. Por otra parte, el pescante sirve para izar la red y en el mismo se dispone de un tambor que gira sobre su mismo eje para ordenar la red y permita un lance sin problemas de enredamiento, además se presentan puntos de anclaje para trincar los portones. Las maquinillas de cable y malleta recogen y liberan el cable o malleta según la necesidad de la embarcación, sus capacidades son de 800 metros de cable y 100 metros de malleta respectivamente. Las pastecas deben ser capaces de soportar las tensiones generadas en los cables durante el arrastre. Finalmente, el tambor ayuda a los tripulantes a desenredar las redes antes del lance.

A estribor de la embarcación se dispondrá de una nevera que almacene y conserve los 150 kg de capturas hasta puerto.

Las dimensiones de este espacio son 14,16 x 5,6 x 2,33 metros con una superficie de 79,29 m<sup>2</sup>.

Tal y como se ha mencionado en el apartado 4, se disponen de escaleras verticales de acceso a la cubierta de caseta y cubierta inferior; y escaleras verticales de escape a popa de la maquinilla de cable a través de una trampilla de emergencia que comunica con el local del generador de emergencia.

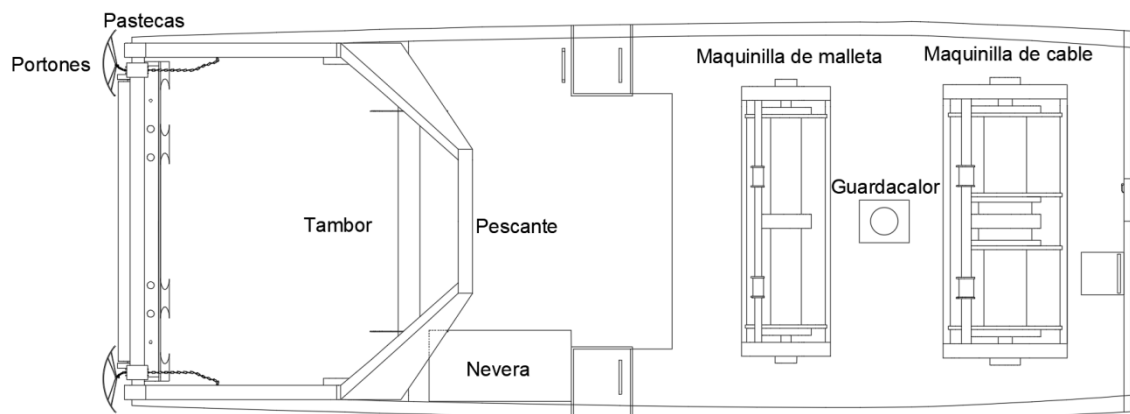


Figura 10. Zona de trabajo

## 5.4 Cámara de máquinas

La cámara de máquinas abarca desde la cuaderna 7 hasta la 28, pero los mamparos se sitúan en la cuaderna 7 y 25 debido a que el local del generador de emergencia debe estar fuera de la cámara de máquinas [6]. Las dimensiones de este espacio son 10,86 x 5,21 x 2,10 metros con una superficie de 50,11 m<sup>2</sup>. En la cámara de máquinas se encuentran los tanques, generador principal, generador secundario, generador de emergencia, motor principal, bombas, motores eléctricos y los transformadores.

Los tanques se han situado en lo más alto posible para que las formas del buque no afecten al dimensionamiento de los tanques y a la curvatura de las caras, ya que curvar los tanques es una tarea compleja para que se adapte adecuadamente y costosa. Los tanques de combustible suministrarán el fluido a los generadores y motor mediante bombas. Los tanques se han duplicado en la medida de lo posible tanto en estribor como babor para que no afecte a la estabilidad.

Las bombas se sitúan debajo de los tanques y el guardacalor se ubica encima del motor principal y atravesará ambas cubiertas hasta el exterior, pasando entre las dos maquinillas de la cubierta de francobordo.

El motor principal y los generadores de electricidad se posicionan con el eje simétrico en crujía. Por otra parte, los transformadores se han situado de igual forma que los tanques, a estribor y babor para que no afecte negativamente a la estabilidad, estos se encuentran a proa de las escaleras de acceso.

Todos los equipos y maquinaria están situados de tal forma que se puede acceder a ellos para realizar tareas de mantenimiento.

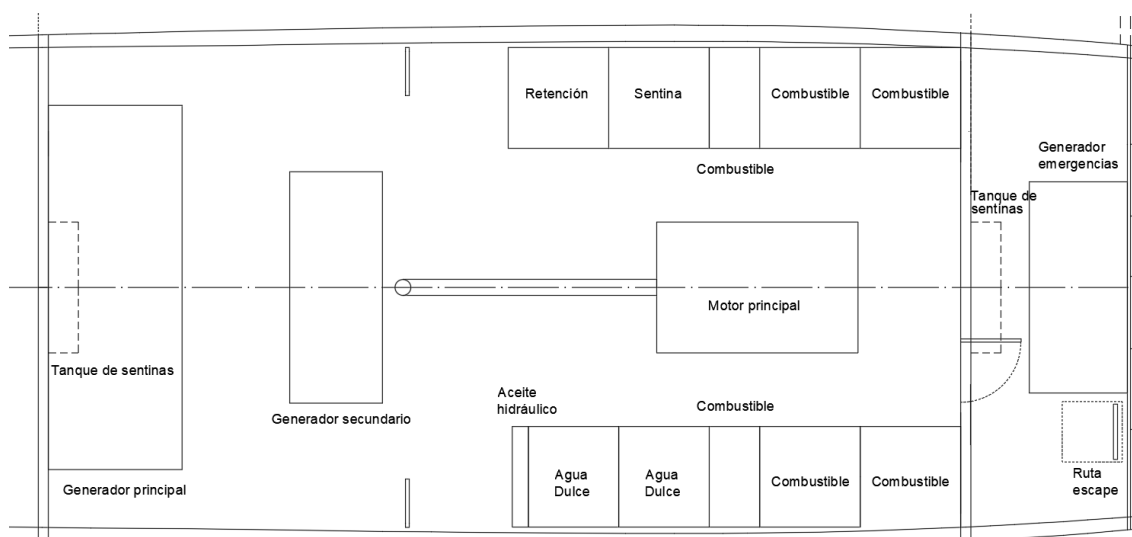


Figura 11. Cámara de máquinas



#### 5.4.1 Local de emergencia

Parte de la cámara de máquinas se ha dividido para almacenar los equipos y maquinaria de emergencia, de forma que las causas de fallo del generador eléctrico principal no afecte al de emergencia. Se ha distribuido el generador principal, su propio tanque de combustible y el transformador de emergencia de tal forma que no afecte negativamente a la estabilidad.

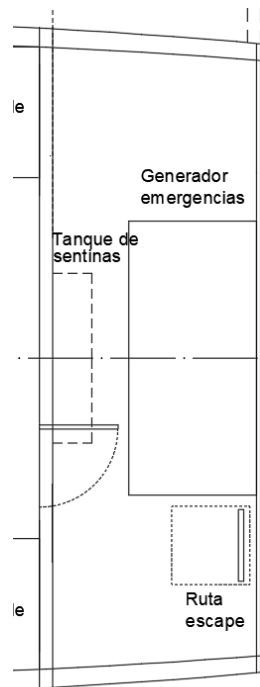


Figura 12. Local de emergencia

#### 5.5 Local para el servomotor

A popa del mamparo estanco de la cuaderna 34 se dispone del espacio dedicado al servomotor, el acceso se realiza desde la cubierta de francobordo por una trampilla. Las dimensiones son 5 x 3,4 x 0,9 metros. Este compartimento aislado por el mamparo estanco es útil en caso de colisión por popa, el boquete generado sólo permitiría la inundación de este espacio sin afectar al funcionamiento del motor.

## **5.6 Disposición de los tanques del buque**

La distribución de los tanques debe realizarse adecuadamente para no influir negativamente en la estabilidad del buque, para ello se sitúan simétricamente respecto crujía y lo más abajo posible para disminuir la altura del centro de gravedad del buque proyecto.

Se profundizará en los detalles de los tanques en los siguientes cuadernos.

### **5.6.1 Tanques de combustible**

Las formas del buque no permiten que se posicionen los tanques en los extremos del espacio de cámara de máquinas, porque para adaptarse requeriría que los tanques se curvasen y esta técnica supone un gran desembolso. Se ha resuelto el problema situando los tanques de combustible lo más alto posible tocando con la cubierta de francobordo, luego se suministrará el mismo a través de bombas.

Estos constarán de 6 tanques, 3 a cada banda y con capacidad suficiente para abastecer a la maquinaria de cámara de máquinas.

### **5.6.2 Tanques de aceite de motor e hidráulico**

El aceite es necesario para la maquinaria de cámara de máquinas y los circuitos hidráulicos del buque proyecto. Debido a que los equipos de cámara de máquinas disponen de su propio depósito de aceite, solamente se instalará el tanque de aceite hidráulico para las maquinillas de mallea y cable. Este se sitúa a estribor de la cámara de máquinas.

### 5.6.3 Tanque de sentina

El tanque de sentinas se encuentra a babor de la cámara de máquinas con una capacidad de 1 m<sup>3</sup>.

### 5.6.4 Tanque de agua dulce

Estarán situados a estribor de la cámara de máquinas en contacto con la cubierta de francobordo.

### 5.6.4 Tanque de aguas residuales

El tanque de aguas residuales o tanque de retención se encuentra a popa del tanque de sentina y estará comunicado con el exterior para expulsar su contenido al mar cuando cumpla con los requisitos de velocidad y distancia de la costa.

## 6. Plano de los tanques en cámara de máquinas

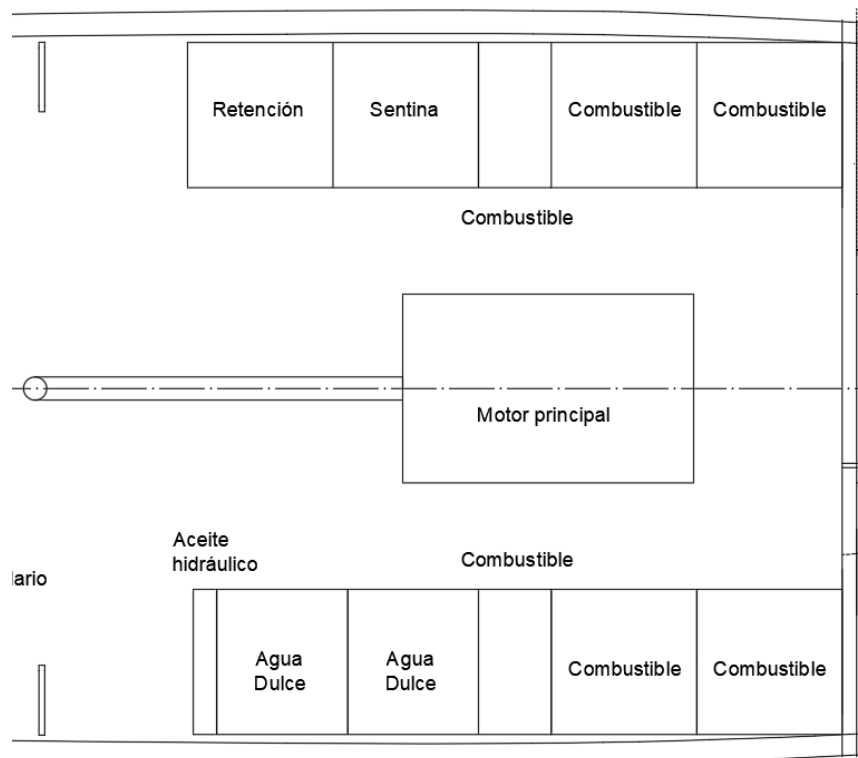
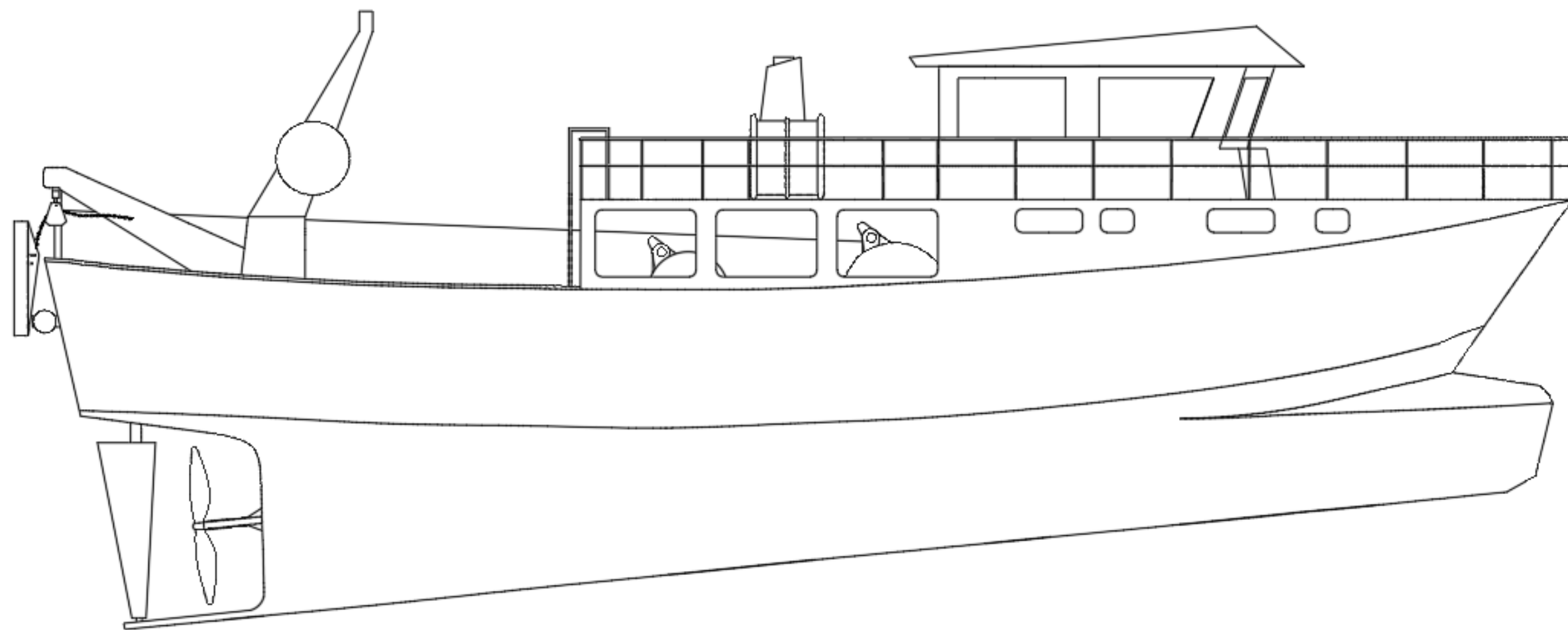


Figura 13. Tanques de cámara de máquinas

## Bibliografía

- [1] Det Norske Veritas, « *Part 5 Ship types, Chapter 12 Fishing Vessels* », Edition July 2020.
- [2] Det Norske Veritas, « *Part 3, Chapter 1* », Hull structural design, Edition January 2003. [Consultado el 11/07/2020].  
  
Disponible en:  
  
<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/rulesship/2003-01/ts301.pdf>
- [3] American Bureau of Shipping, « *Rules for Building and Classing Reinforced Plastic Vessels* », 1978.
- [4] Real Decreto 963/2013, de 5 de diciembre, « *Por el que se fijan las tripulaciones mínimas de seguridad de los buques de pesca y auxiliares de pesca y se regula el procedimiento para su asignación* »
- [5] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, « *Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L)* »

## **Anexo 1. Planos del buque proyecto**



Trabajo Final del Máster Universitario  
en Ingeniería Naval y Oceánica



Alumno: Alex Buitrago Cervilla

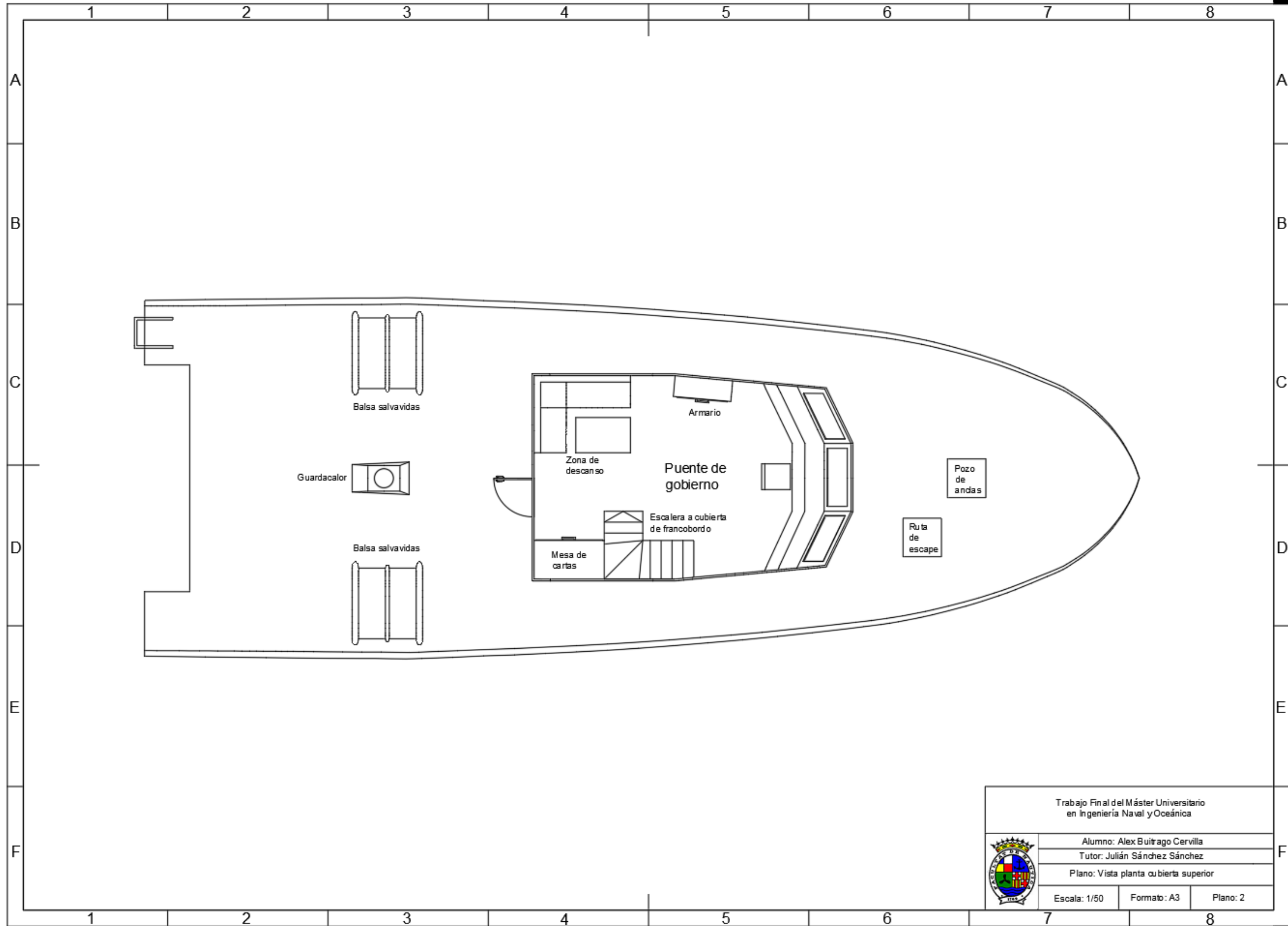
Tutor: Julián Sánchez Sánchez


Plano: Vista Alzado

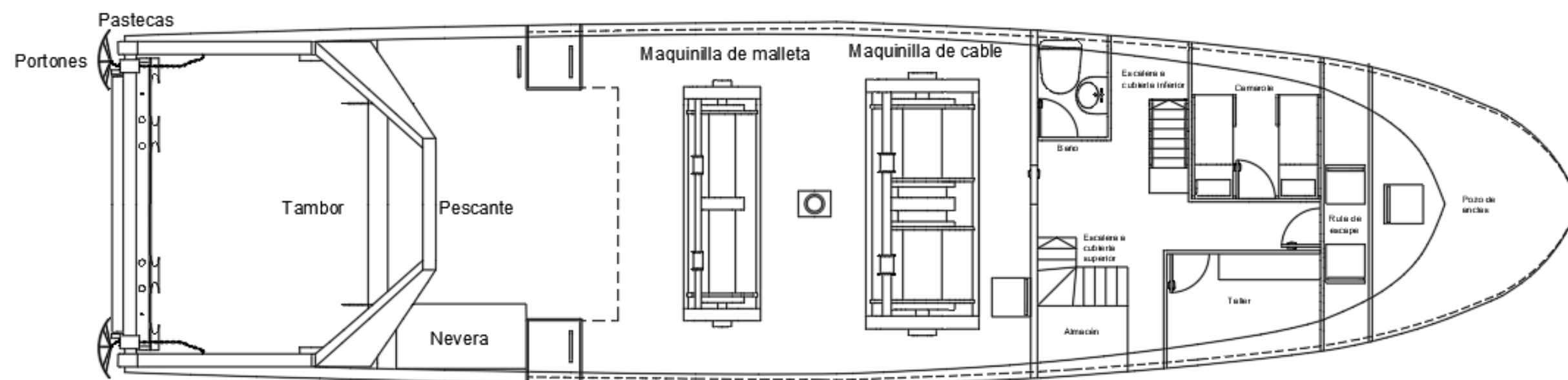
Escala: 1/75

Formato: A3

Plano: 1



Trabajo Final del Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica		
	Alumno: Alex Buitrago Cervilla	
	Tutor: Julián Sánchez Sánchez	
	Plano: Vista planta cubierta superior	
Escala: 1/50	Formato: A3	Plano: 2



Trabajo Final del Máster Universitario  
en Ingeniería Naval y Oceánica



Alumno: Alex Buitrago Cervilla

Tutor: Julián Sánchez Sánchez

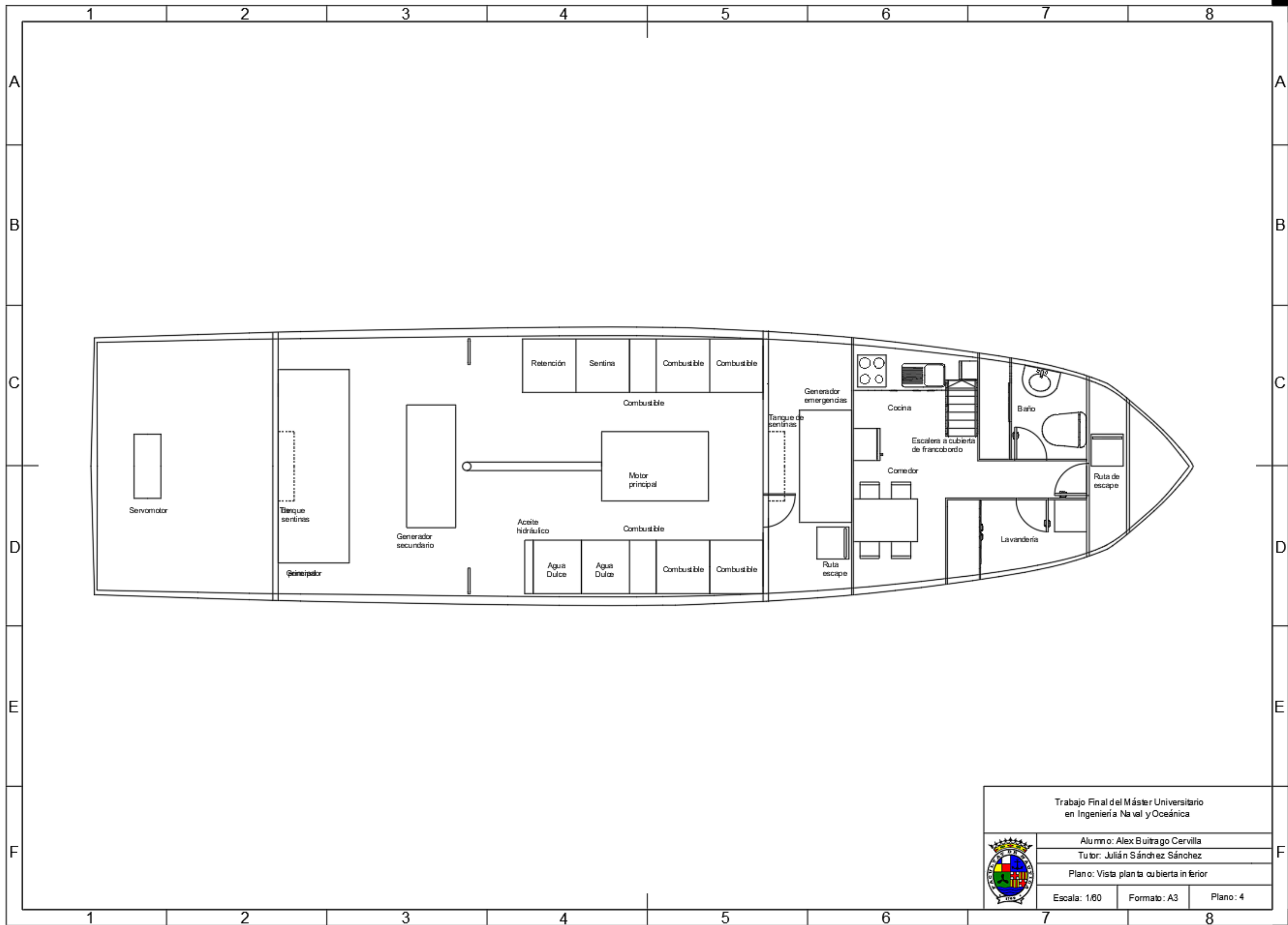
Plano: Vista planta cubierta francobordo

Escala: 1/75

Formato: A3

Plano: 3





Trabajo Final del Máster Universitario  
en Ingeniería Naval y Oceánica



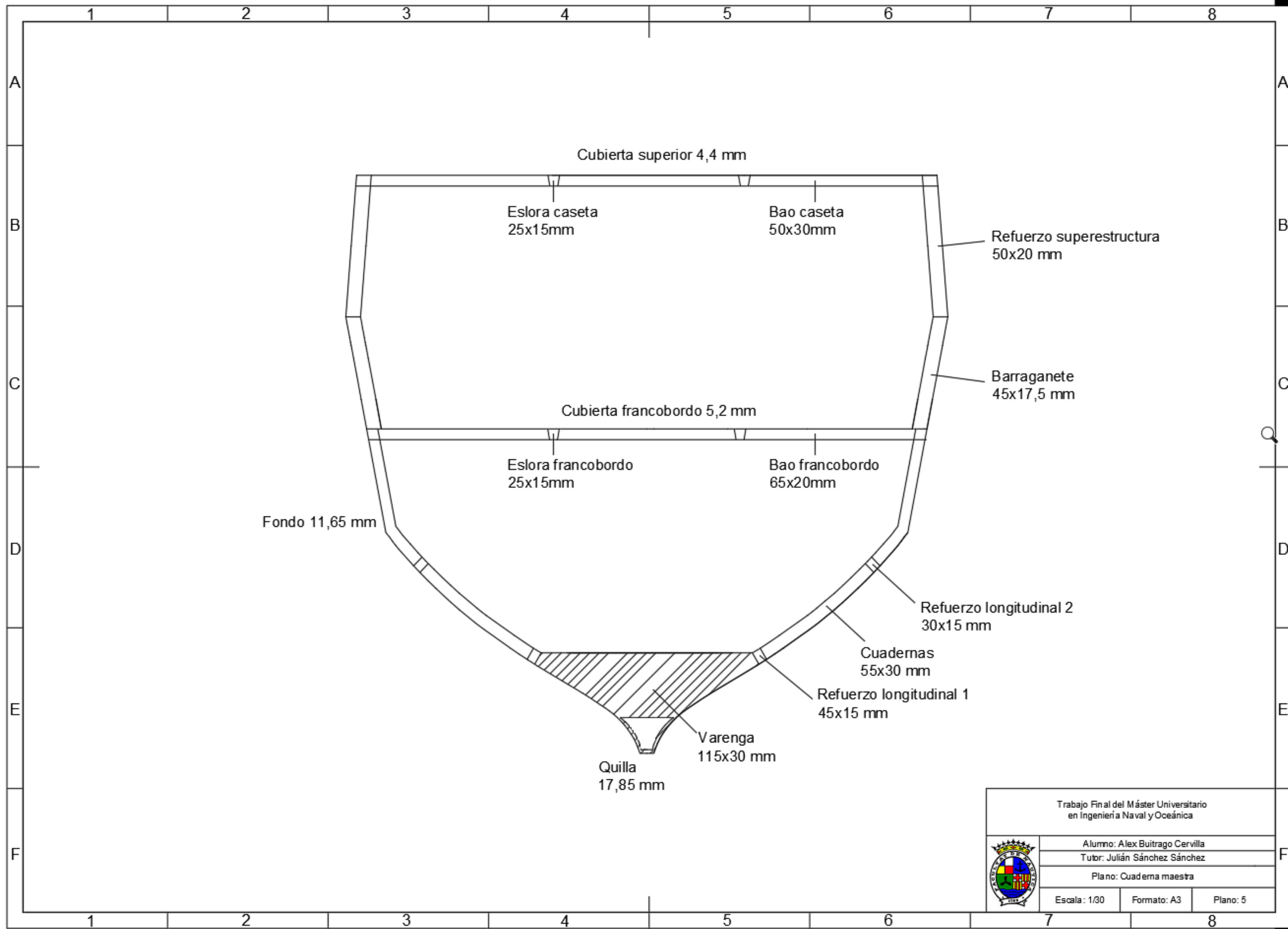
Alumno: Alex Buitrago Cervilla  
Tutor: Julián Sánchez Sánchez

Plano: Vista planta cubierta inferior

Escala: 1/60

Formato: A3

Plano: 4



Trabajo Final del Máster Universitario  
en Ingeniería Naval y Oceánica



Alumno: Alex Buitrago Cervilla

Tutor: Julián Sánchez Sánchez

Plano: Cuaderna maestra

Escala: 1/30

Formato: A3

Plano: 5

# Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja

## CUADERNO 4

### Cálculos de arquitectura naval



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Facultat de Nàutica de Barcelona







# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS	V
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>2. CURVAS HIDROSTÁTICAS</u></b>	<b><u>2</u></b>
2.1 TABLAS Y CURVAS HIDROSTÁTICAS	2
2.1.1 TRIMADO NULO	3
2.1.2 TRIMADO +0,25	5
2.1.3 TRIMADO +0,50	7
2.1.4 TRIMADO -0,25	9
2.1.4 TRIMADO -0,50	11
<b><u>3 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DEL BUQUE INTACTO</u></b>	<b><u>13</u></b>
3.1 ESTABILIDAD INICIAL	13
3.2 ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS DE ESCORA	15
<b><u>4. ESTIMACIÓN DE ARQUEO Y FRANCOBORDO</u></b>	<b><u>21</u></b>
4.1 FRANCOBORDO	21
4.2 ARQUEO	23
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>25</u></b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. RESULTADOS HIDROSTÁTICOS CON TRIMADO NULO .....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURA 2. CURVAS DE LOS COEFICIENTES DE FORMA CON TRIMADO NULO .....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURA 3. RESULTADOS HIDROSTÁTICOS CON TRIMADO +0,25.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 4. CURVAS DE LOS COEFICIENTES DE FORMA CON TRIMADO +0,25.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 5. RESULTADOS HIDROSTÁTICOS CON TRIMADO +0,50.....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 6. CURVAS DE LOS COEFICIENTES DE FORMA CON TRIMADO +0,50.....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 7. RESULTADOS HIDROSTÁTICOS CON TRIMADO -0,25 .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 8. CURVAS DE LOS COEFICIENTES DE FORMA CON TRIMADO -0,25 .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 9. RESULTADOS HIDROSTÁTICOS CON TRIMADO -0,50 .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 10. CURVAS DE LOS COEFICIENTES DE FORMA CON TRIMADO -0,50 .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 11. TEORÍA DE ESTABILIDAD INICIAL .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 12. RESULTADOS DE KN PARA VARIOS DESPLAZAMIENTOS .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 13. RESULTADOS DE KN PARA EL DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 14. CURVA GZ PARA EL DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 15. CRITERIOS PARA ASIGNAR EL FRANCOBORDO .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 16. MARCA DE FRANCOBORDO.....</b>	<b>22</b>



## Lista de tablas

<b>TABLA 1. PARÁMETROS DE LA TABLA HIDROSTÁTICA .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 2. RESULTADOS PARA UN TRIMADO NULO .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 3. RESULTADOS PARA UN TRIMADO +0,25 .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 4. RESULTADOS PARA UN TRIMADO +0,50 .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 5. RESULTADOS PARA UN TRIMADO -0,25 .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 6. RESULTADOS PARA UN TRIMADO -0,50 .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 7. RESULTADOS DE LAS CURVAS KN CON VARIOS DESPLAZAMIENTOS .....</b>	<b>17</b>
<b>TABLA 8. CURVA KN EN EL DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO .....</b>	<b>19</b>

## **1. Introducción**

En este cuaderno se van a mostrar los resultados de los cálculos de la arquitectura naval que la Sociedad de Clasificación considera necesarios para valorar el buque como seguro. De tal modo, se acudirá a los documentos de la Sociedad de Clasificación ABS, Reglamento nacional de arqueo para buques y al Real Decreto 543/2007.

Los puntos que se abordan en el cuaderno son:

- Curvas y tablas hidrostáticas
- Cálculos de estabilidad del buque intacto
- Arqueo y francobordo

El programa que se va a emplear es el "MaxSurf Stability", que permite además, crear gráficas y tablas junto con los resultados.

## 2. Curvas hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas nos informa mediante una representación gráfica cómo se comporta el buque proyecto para diferentes calados, influyendo directamente las formas de la carena. La importancia de estudiar la conducta del buque para diferentes calados es que se podría dar esa situación para las diferentes condiciones de carga.

En el programa MaxSurf se pueden añadir varios calados obteniendo como resultado los valores de los coeficiente de formas, eslora entre perpendiculares, volumen desplazado, posición del centro de carena y de gravedad, etc. Para ello, se debe establecer como tipo de análisis el "Upright Hydrostatics".

El rango de calados que se deben tener en cuenta, se menciona en la normativa de la ABS, exactamente en la Parte 5, capítulo 12, sección 4, punto 1 [4]. El calado debe abarcar todas las condiciones de operación.

Normalmente, en los astilleros se escoge como calado inicial un valor cercano a la línea base, después se incrementa hasta alcanzar la cubierta de francobordo, siendo en el buque proyecto de 3 metros. En este caso se establece como valor inicial de calado de 0,5 metros desde la línea base con un incremento del 0,25 hasta el puntal.

El mismo programa obtendrá los resultados de las tablas hidrostáticas para cada calado y representará las curvas.

Luego, se añadirán diferentes situaciones de trimado, en la normativa de la ABS no se especifica un rango en particular. Como el francobordo de diseño es de 0,5 metros aproximadamente, se calculará el trimado para una altura máxima de 0,5 metro con una variación de 0,25 metros.

Tanto el calado como el trimado se añaden desde el apartado "Analysis" sin ningún tipo de dificultad.

### 2.1 Tablas y curvas hidrostáticas

Se han descrito cada uno de los parámetros que se obtienen en la tabla hidrostática para facilitar su comprensión:

Draft Amidships m	Calado en la sección media
Displacement t	Desplazamiento
Draft at FP m	Calado en la PP de proa
Draft at AP m	Calado en la PP de popa
WL Length m	Eslora de flotación
Beam max extents on WL m	Manga máxima de flotación
Wetted Area m <sup>2</sup>	Área mojada
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	Área de flotación
Prismatic coeff. (Cp)	Coeficiente prismático (Cp)

Block coeff. (Cb)	Coeficiente de bloque (Cb)
Max Sect. area coeff. (Cm)	Coeficiente de la maestra (Cm)
Waterpl. area coeff. (Cwp)	Coeficiente del área en flotación (Cwp)
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	LCB (desde 0 hacia la proa)
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	LCF (desde 0 hacia la proa)
KB m	KB
KG m	KG
BMt m	BMt
BML m	BML
GMt m	GMt
GML m	GML
KMt m	KMt
KML m	KML

Tabla 1. Parámetros de la tabla hidrostática

Las tablas y curvas para cada calado y trimado son las siguientes:

### 2.1.1 Trimado nulo

Trim m	0										
Draft Amidships m	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
Displacement t	2,956	6,098	11,47	19,33	29,77	42,93	59,45	80,48	103,5	127	151,2
Draft at FP m	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
Draft at AP m	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
WL Length m	13,43	15,95	18,48	18,99	19,08	19,33	20,785	21,924	21,886	20,79	20,707
Beam max extents on WL m	16,7	17,11	17,49	17,83	18,12	18,38	18,591	18,634	18,677	18,72	18,765
Wetted Area m <sup>2</sup>	22,39	33,92	47,5	61,91	76,68	92,4	110,68	133,62	145,23	157,1	168,32
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8,56	16,31	25,7	35,62	45,8	57,3	72,96	88,515	90,728	92,9	95,863
Prismatic coeff. (Cp)	0,649	0,547	0,489	0,498	0,523	0,547	0,544	0,563	0,605	0,669	0,698
Block coeff. (Cb)	0,01	0,014	0,019	0,027	0,036	0,046	0,053	0,062	0,074	0,089	0,099
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,026	0,043	0,064	0,082	0,1	0,116	0,131	0,145	0,156	0,166	0,175
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,038	0,06	0,08	0,105	0,133	0,161	0,189	0,217	0,222	0,239	0,247
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,997	8,228	9,093	9,609	9,872	9,971	9,906	9,598	9,329	9,155	9,044
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,833	9,793	10,3	10,4	10,32	10,04	9,32	8,372	8,388	8,4	8,522
KB m	0,177	0,413	0,633	0,835	1,026	1,211	1,399	1,59	1,764	1,924	2,076
KG m	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
BMt m	0,174	0,492	0,832	1,125	1,362	1,589	1,907	1,968	1,651	1,44	1,287
BML m	26,37	29,3	30,35	28,36	26,16	25,8	29,139	33,869	26,772	22,29	19,945
GMt m	-2,188	-1,634	-1,075	-0,581	-0,153	0,26	0,766	1,018	0,875	0,824	0,823
GML m	24,01	27,17	28,45	26,65	24,65	24,47	27,998	32,919	25,997	21,68	19,481
KMt m	0,352	0,906	1,465	1,959	2,387	2,8	3,306	3,558	3,415	3,364	3,363
KML m	26,55	29,71	30,99	29,19	27,19	27,01	30,538	35,459	28,537	24,22	22,021

Tabla 2. Resultados para un trimado nulo

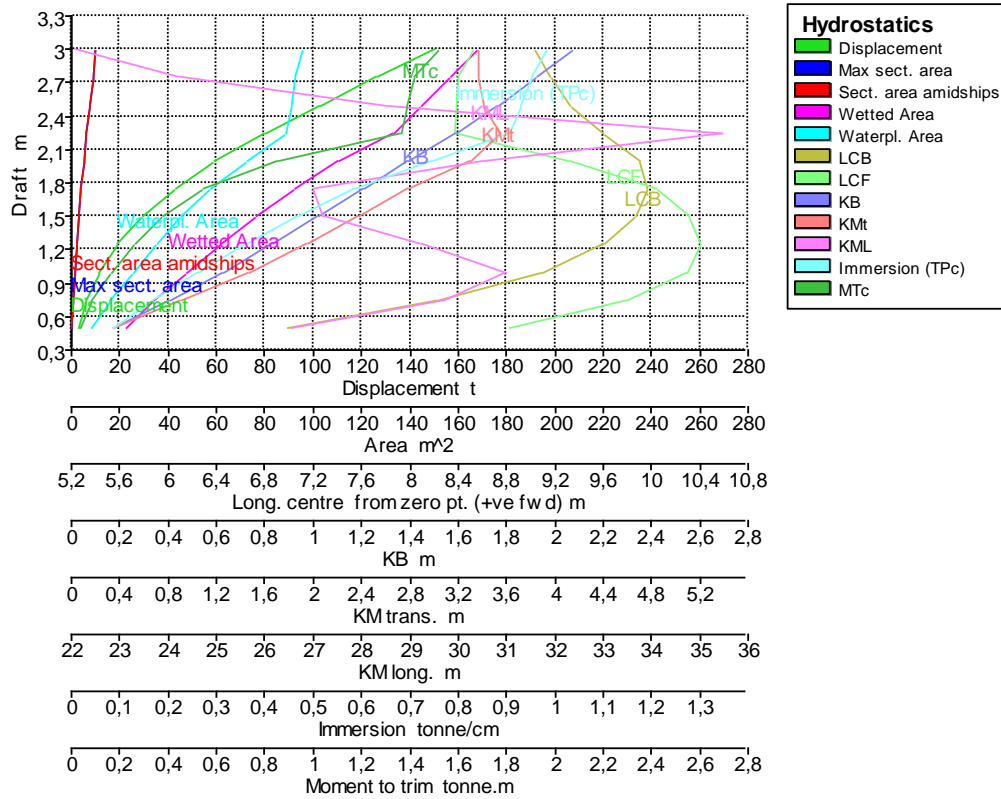


Figura 1. Resultados hidrostáticos con trimado nulo

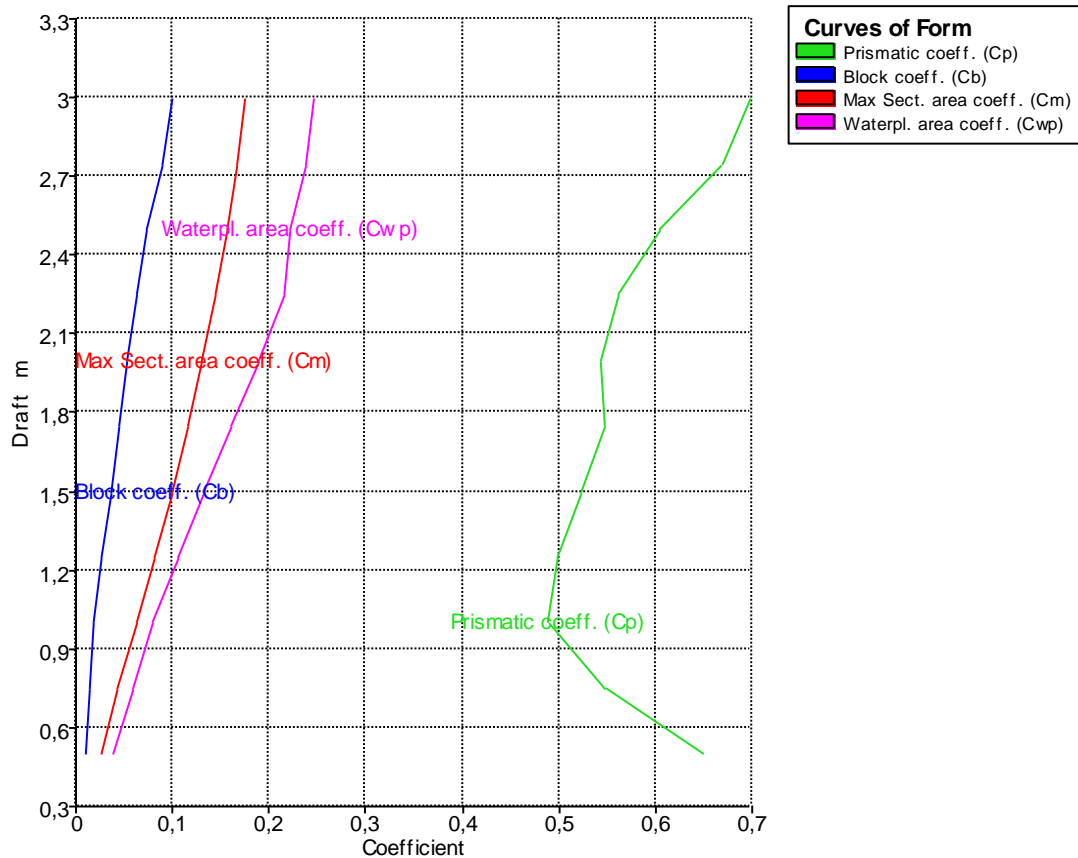


Figura 2. Curvas de los coeficientes de forma con trimado nulo

### 2.1.2 Trimado +0,25

Trim m	0,25										
Draft Amidships m	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Displacement t	3,22	6,21	11,33	18,96	29,36	43,01	61,94	83,72	106,60	130,20	154,30
Draft at FP m	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
Draft at AP m	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
WL Length m	12,78	15,04	17,27	18,75	19,09	19,66	21,79	21,91	22,00	21,76	20,64
Beam max extents on WL m	16,70	17,11	17,49	17,83	18,14	18,40	18,59	18,64	18,68	18,72	18,77
Wetted Area m <sup>2</sup>	22,76	33,75	46,82	61,29	76,34	91,81	116,31	133,92	144,86	156,76	168,30
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8,36	15,77	25,03	35,28	45,94	58,85	79,04	88,17	90,89	92,95	95,44
Prismatic coeff. (Cp)	0,65	0,55	0,50	0,49	0,51	0,53	0,52	0,57	0,60	0,64	0,70
Block coeff. (Cb)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,22	0,22	0,23	0,25
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,75	7,88	8,71	9,23	9,53	9,64	9,48	9,14	8,97	8,86	8,79
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,50	9,41	9,89	10,08	10,02	9,62	8,47	8,28	8,36	8,37	8,43
KB m	0,19	0,42	0,63	0,83	1,02	1,21	1,41	1,61	1,78	1,94	2,09
KG m	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
BMt m	0,17	0,49	0,84	1,15	1,40	1,68	2,11	1,93	1,63	1,42	1,28
BML m	22,36	25,52	27,09	27,42	26,40	27,57	35,53	32,85	26,67	22,13	19,40
GMt m	-2,21	-1,66	-1,08	-0,56	-0,12	0,35	0,97	0,99	0,86	0,81	0,81
GML m	19,97	23,37	25,17	25,71	24,88	26,25	34,39	31,90	25,90	21,52	18,94
KMt m	0,36	0,90	1,47	1,98	2,42	2,89	3,52	3,53	3,40	3,36	3,36
KML m	22,55	25,94	27,72	28,25	27,42	28,79	36,93	34,45	28,45	24,06	21,49

Tabla 3. Resultados para un trimado +0,25

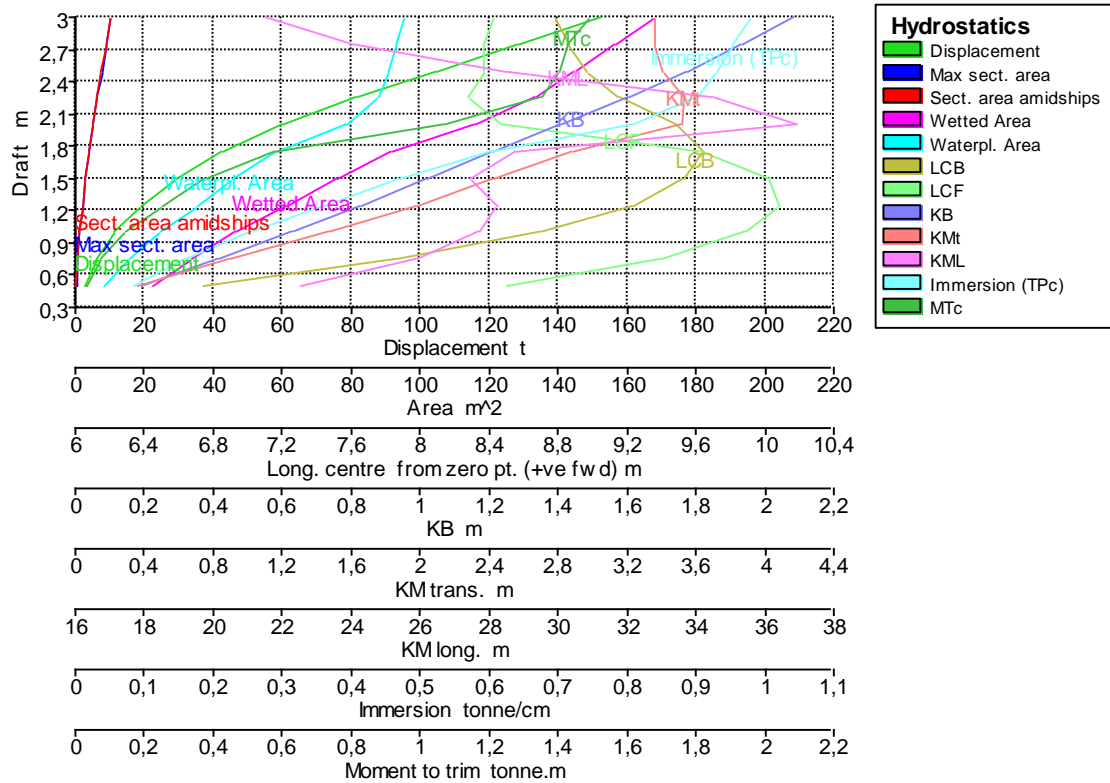


Figura 3. Resultados hidrostáticos con trimado +0,25

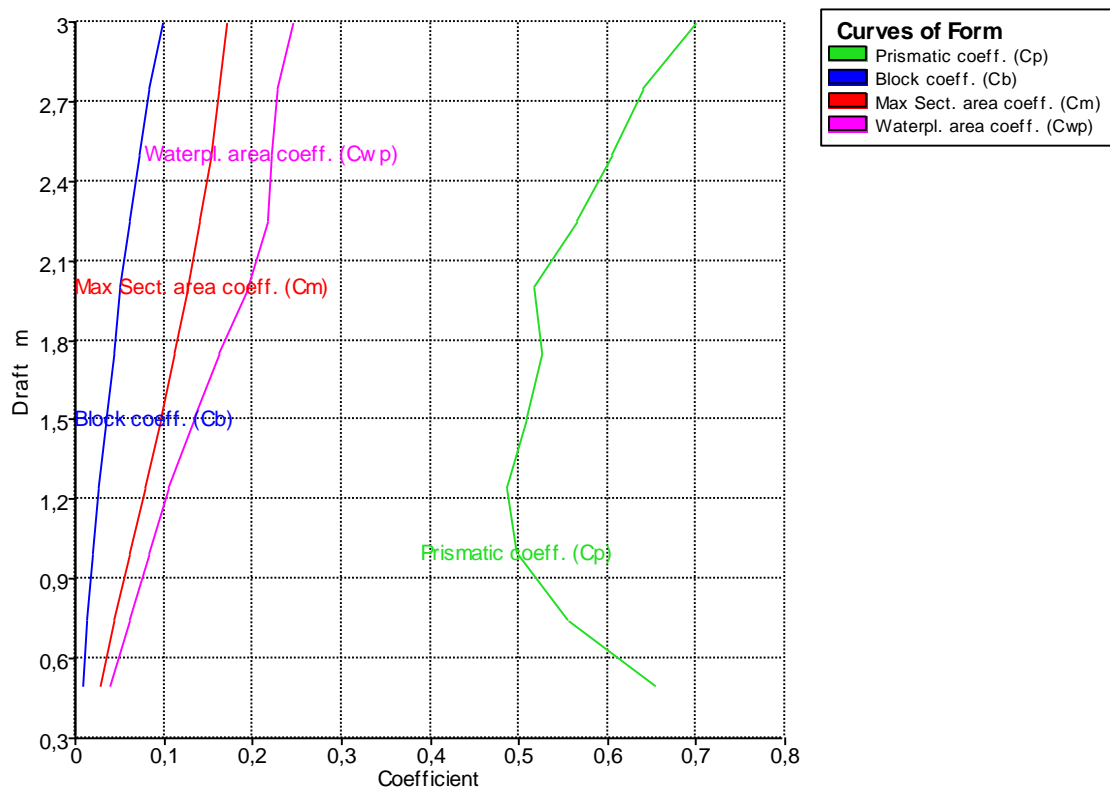


Figura 4. Curvas de los coeficientes de forma con trimado +0,25

### 2.1.3 Trimado +0,50

Trim m	0,50										
Draft Amidships m	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Displacement t	3,22	6,21	11,33	18,96	29,36	43,01	61,94	83,72	106,60	130,20	154,30
Draft at FP m	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
Draft at AP m	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
WL Length m	12,78	15,04	17,27	18,75	19,09	19,66	21,79	21,91	22,00	21,76	20,64
Beam max extents on WL m	16,79	17,17	17,55	17,91	18,21	18,55	18,61	18,65	18,69	18,74	18,78
Wetted Area m <sup>2</sup>	22,76	33,75	46,82	61,29	76,34	91,81	116,31	133,92	144,86	156,76	168,30
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8,36	15,77	25,03	35,28	45,94	58,85	79,04	88,17	90,89	92,95	95,44
Prismatic coeff. (Cp)	0,65	0,55	0,50	0,49	0,51	0,53	0,52	0,57	0,60	0,64	0,70
Block coeff. (Cb)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,22	0,22	0,23	0,25
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,75	7,88	8,71	9,23	9,53	9,64	9,48	9,14	8,97	8,86	8,79
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8,50	9,41	9,89	10,08	10,02	9,62	8,47	8,28	8,36	8,37	8,43
KB m	0,19	0,42	0,63	0,83	1,02	1,21	1,41	1,61	1,78	1,94	2,09
KG m	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
BMt m	0,17	0,49	0,84	1,15	1,40	1,68	2,11	1,93	1,63	1,42	1,28
BML m	22,36	25,52	27,09	27,42	26,40	27,57	35,53	32,85	26,67	22,13	19,40
GMt m	-2,21	-1,66	-1,08	-0,56	-0,12	0,35	0,97	0,99	0,86	0,81	0,81
GML m	19,97	23,37	25,17	25,71	24,88	26,25	34,39	31,90	25,90	21,52	18,94
KMt m	0,36	0,90	1,47	1,98	2,42	2,89	3,52	3,53	3,40	3,36	3,36
KML m	22,55	25,94	27,72	28,25	27,42	28,79	36,93	34,45	28,45	24,06	21,49

Tabla 4. Resultados para un trimado +0,50



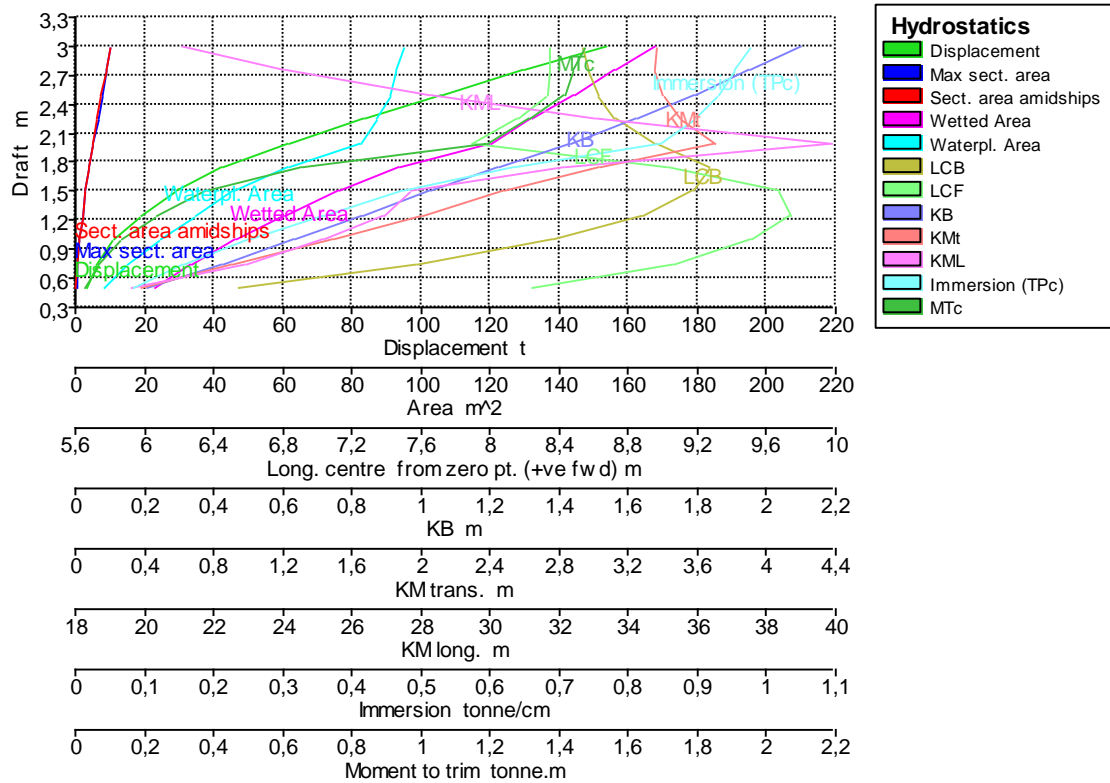


Figura 5. Resultados hidrostáticos con trimado +0,50

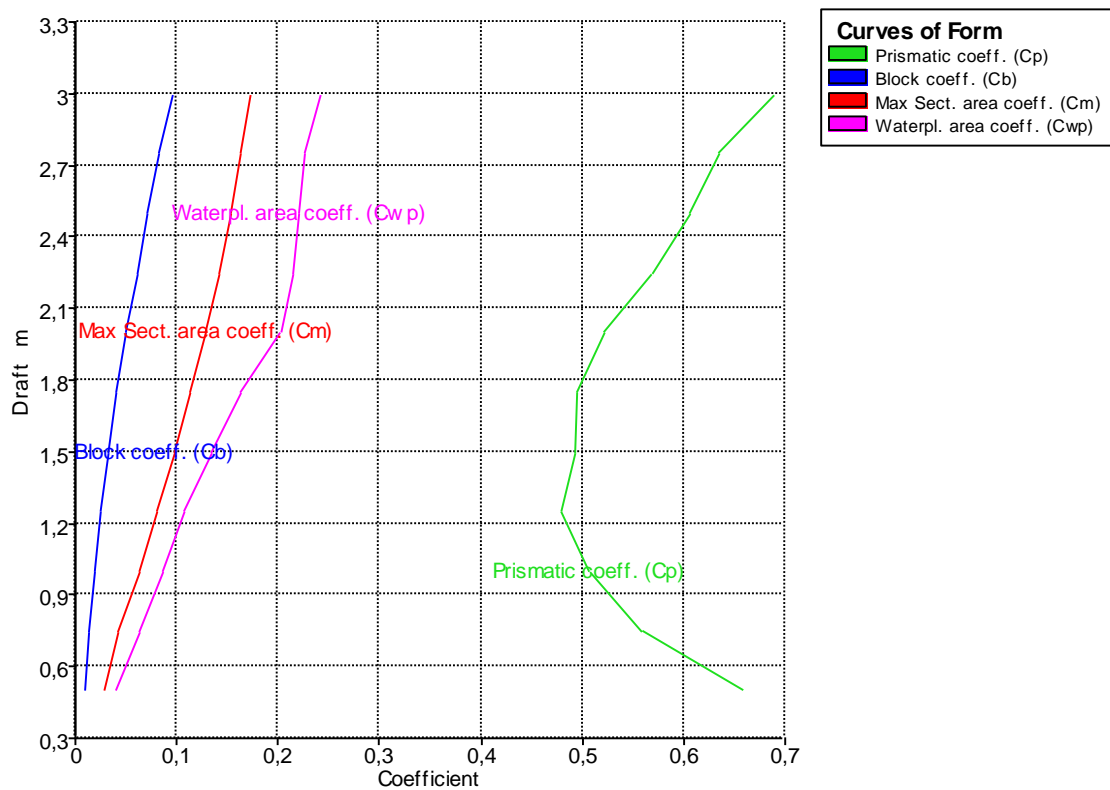


Figura 6. Curvas de los coeficientes de forma con trimado +0,50

#### 2.1.4 Trimado -0,25

Trim m	-0,25										
Draft Amidships m	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Displacement t	2,88	6,17	11,74	19,74	30,24	43,33	59,38	79,14	101,90	125,50	149,80
Draft at FP m	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
Draft at AP m	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
WL Length m	15,36	18,57	18,99	19,05	19,12	19,23	19,54	20,76	20,65	20,64	20,85
Beam max extents on WL m	16,70	17,11	17,49	17,83	18,11	18,35	18,58	18,63	18,67	18,72	18,76
Wetted Area m <sup>2</sup>	22,22	34,42	48,32	62,62	77,19	92,21	108,22	129,93	146,56	157,14	168,35
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8,93	17,06	26,39	36,00	45,89	56,50	69,87	84,46	90,71	93,28	96,28
Prismatic coeff. (Cp)	0,65	0,54	0,50	0,51	0,53	0,56	0,57	0,56	0,61	0,67	0,69
Block coeff. (Cb)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,10
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	0,24	0,25
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,33	8,66	9,53	10,00	10,22	10,30	10,26	10,04	9,69	9,46	9,31
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,24	10,23	10,66	10,69	10,59	10,37	9,87	8,81	8,41	8,49	8,61
KB m	0,17	0,42	0,65	0,85	1,04	1,22	1,40	1,58	1,76	1,92	2,07
KG m	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
BMt m	0,18	0,50	0,83	1,10	1,33	1,53	1,79	1,86	1,68	1,46	1,30
BML m	31,87	34,02	32,41	28,70	25,94	24,70	26,06	30,01	26,99	22,92	20,48
GMt m	-2,16	-1,61	-1,07	-0,59	-0,18	0,20	0,64	0,90	0,90	0,84	0,83
GML m	29,53	31,92	30,51	27,00	24,43	23,37	24,91	29,05	26,20	22,30	20,01
KMt m	0,35	0,92	1,47	1,95	2,37	2,75	3,19	3,44	3,44	3,37	3,37
KML m	32,04	34,44	33,05	29,54	26,97	25,92	27,45	31,59	28,74	24,84	22,55

Tabla 5. Resultados para un trimado -0,25

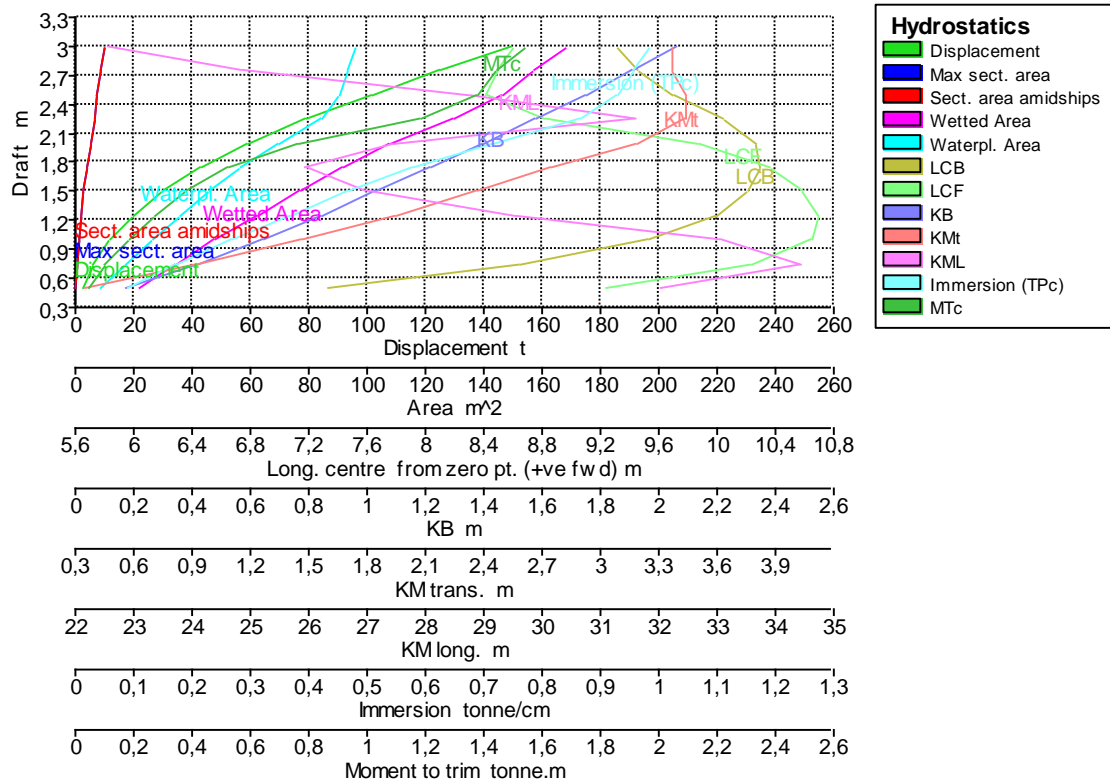


Figura 7. Resultados hidrostáticos con trimado -0,25

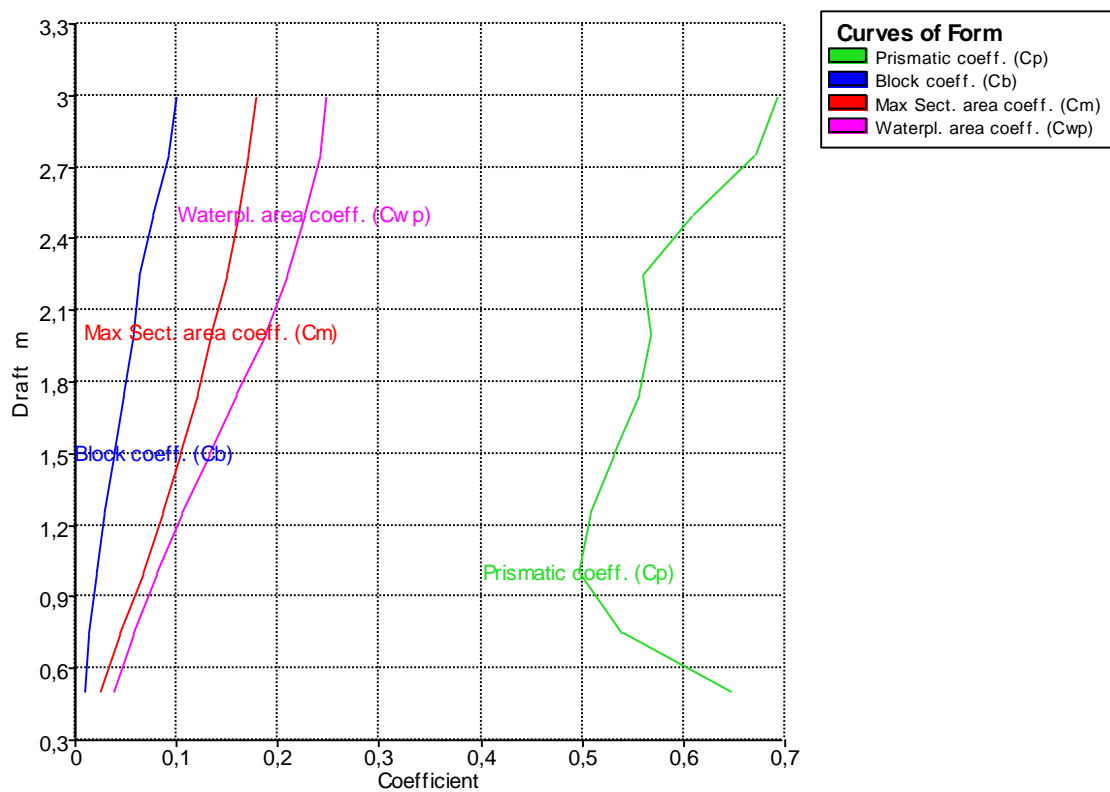


Figura 8. Curvas de los coeficientes de forma con trimado -0,25

#### 2.1.4 Trimado -0,50

Trim m	-0,5										
Draft Amidships m	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Displacement t	2,85	6,35	12,14	20,29	30,87	43,95	59,80	78,54	100,40	124,10	148,50
Draft at FP m	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
Draft at AP m	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
WL Length m	18,63	19,00	19,07	19,14	19,20	19,27	19,15	18,33	19,59	20,80	21,02
Beam max extents on WL m	16,70	17,11	17,49	17,83	18,11	18,35	18,56	18,63	18,67	18,72	18,76
Wetted Area m <sup>2</sup>	22,33	35,34	49,22	63,39	77,70	92,36	108,49	125,46	146,18	157,17	168,38
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	9,52	18,04	27,09	36,44	46,10	56,11	67,83	78,92	90,70	93,73	96,68
Prismatic coeff. (Cp)	0,64	0,52	0,51	0,52	0,54	0,56	0,58	0,58	0,63	0,66	0,68
Block coeff. (Cb)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,20	0,24	0,24	0,25
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,78	9,19	9,99	10,39	10,56	10,61	10,58	10,40	10,06	9,77	9,59
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,75	10,73	10,98	10,96	10,84	10,65	10,26	9,40	8,46	8,59	8,70
KB m	0,18	0,44	0,67	0,87	1,05	1,23	1,41	1,58	1,75	1,91	2,07
KG m	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
BMt m	0,19	0,51	0,82	1,09	1,31	1,49	1,70	1,74	1,71	1,47	1,31
BML m	39,32	39,79	33,51	28,64	25,61	23,87	23,95	24,75	27,30	23,62	20,99
GMt m	-2,12	-1,58	-1,06	-0,61	-0,20	0,16	0,55	0,76	0,91	0,84	0,84
GML m	37,00	37,71	31,63	26,95	24,10	22,54	22,79	23,77	26,50	22,99	20,51
KMt m	0,37	0,95	1,49	1,95	2,36	2,72	3,11	3,32	3,46	3,38	3,38
KML m	39,48	40,22	34,17	29,50	26,66	25,09	25,35	26,32	29,04	25,52	23,05

Tabla 6. Resultados para un trimado -0,50

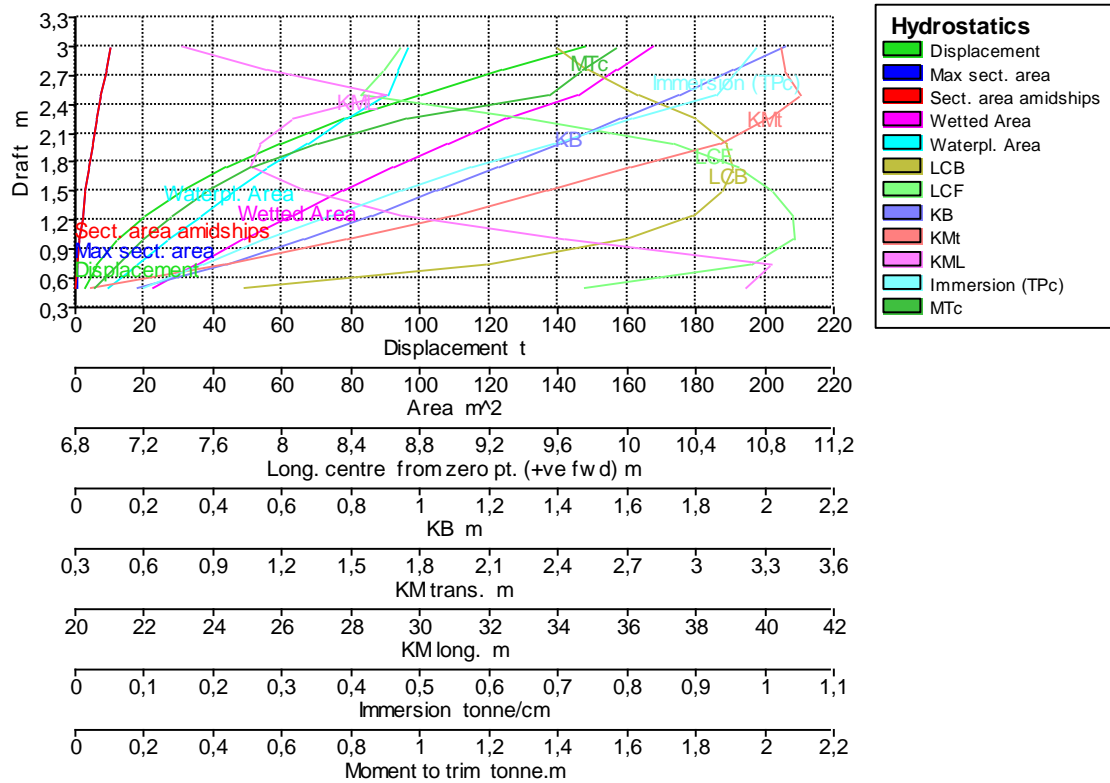


Figura 9. Resultados hidrostáticos con trimado -0,50

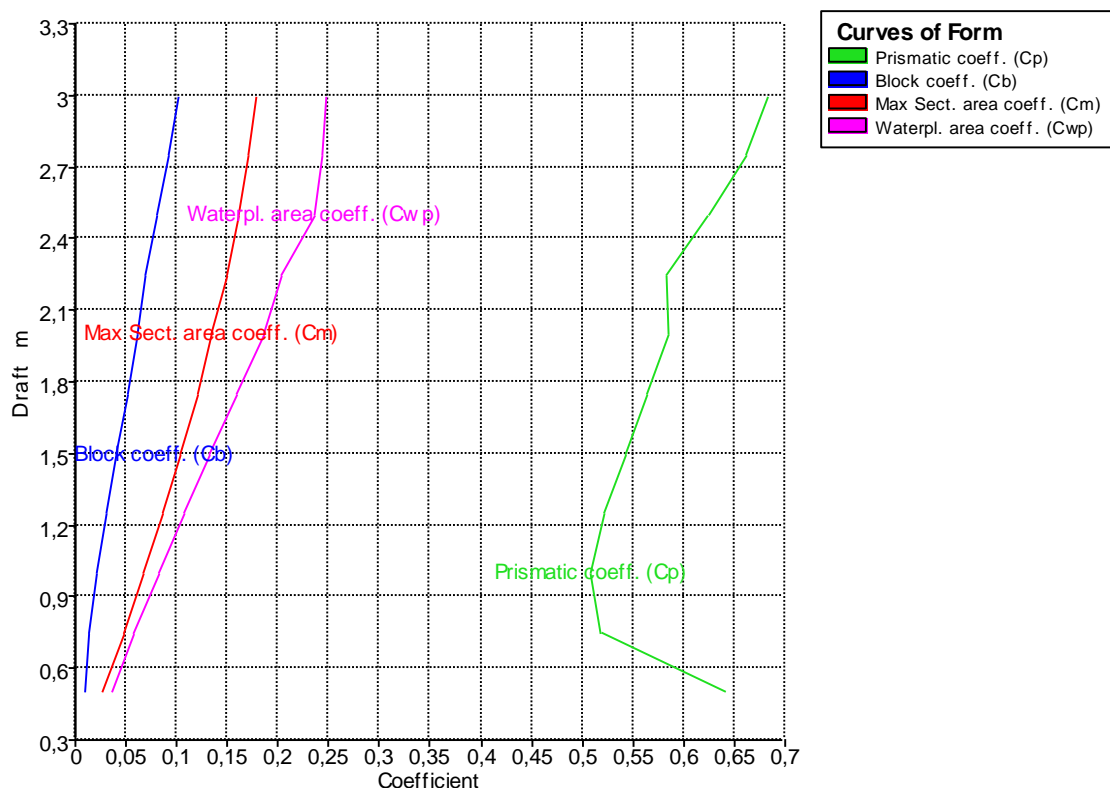


Figura 10. Curvas de los coeficientes de forma con trimado -0,50

### 3 Cálculos de estabilidad del buque intacto

En este cuaderno se comprobará que la estabilidad transversal, tanto inicial como a grandes ángulos, cumple con los requisitos mínimos de estabilidad del buque intacto.

La estabilidad se define como la capacidad del buque de volver a su posición de equilibrio al cesar la fuerza que ejercía sobre el mismo.

#### 3.1 Estabilidad inicial

Para pequeños ángulos de escora, la posición del metacentro se puede considerar constante, de forma que la altura metacéntrica o GM determina el par adrizante al romper la situación de equilibrio del buque.

Es de gran importancia conocer la posición del metacentro (M), punto de coincidencia entre la línea recta que atraviesa el centro de empuje y el eje vertical de crujía del buque, ya que determinando la posición del centro de gravedad se comprende el comportamiento del buque:

- Si el CG se sitúa por debajo del M, el buque se considera estable
- Si el CG se sitúa por encima del M, el buque se considera inestable
- Si el CG se sitúa en M, el buque se considera indiferente

La escora a pequeños ángulos tiene como consecuencia la variación de la formas de carena, variando a su vez la posición del centro de empuje y generando un brazo adrizante cuyo momento se opone al giro del barco, este fenómeno se define como:

$$M_{adriz} = \Delta * GZ = \Delta * GZ * \sin\theta$$

Por otro lado, la altura metacéntrica es:

$$GM = KB + BM - KG = KM - KG$$

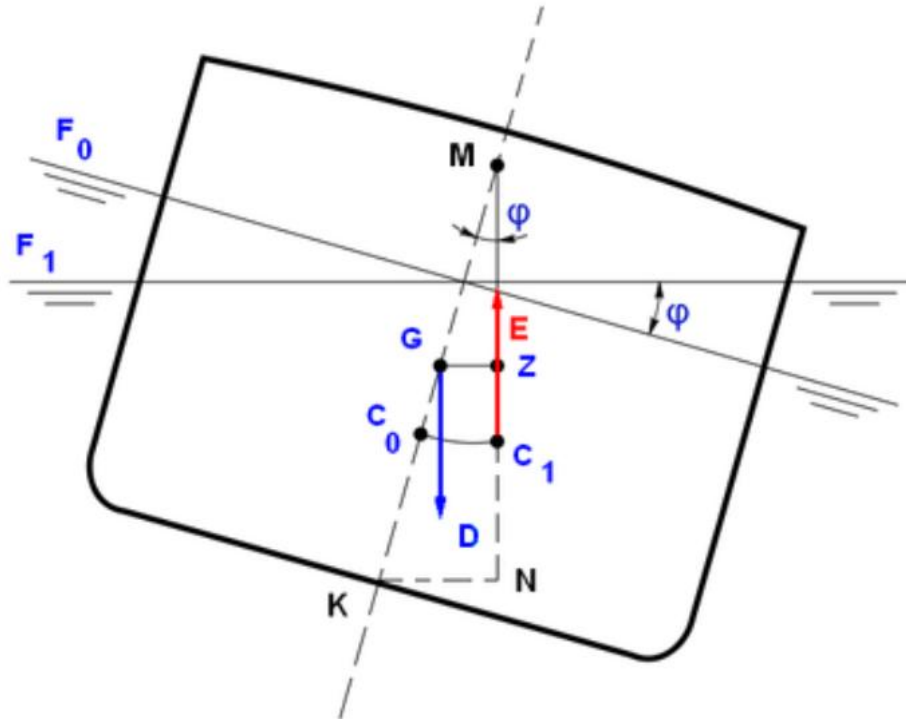


Figura 11. Teoría de estabilidad inicial

Acudiendo a las tablas hidrostáticas de trimado nulo, se obtiene el KM transversal para el calado de diseño es 3,402 metros.

Por otra parte, el centro de gravedad no se sabrá con exactitud hasta situar a bordo todos los pesos de equipos, estructura, etc. Sin embargo, se estimará inicialmente el valor de KG como el 76% del puntal de diseño.

$$KG = 3 * 0,76 = 2,28 \text{ metros}$$

Sustituyendo en la fórmula anterior:

$$GM = KB + BM - KG = KM - KG$$

$$GM = 3,402 - 2,28 = 1,122$$

Por requisitos de la normativa, el valor de GM no debe ser inferior a 0.35 en la estabilidad inicial del buque y debe ser positiva, por lo tanto se cumple.

### **3.2 Estabilidad a grandes ángulos de escora**

A diferencia del caso anterior, escorar a grandes ángulos varía la posición del metacentro ya que no se sitúa en el eje de crujía. Sin embargo, la fórmula del par adrizando se mantiene siendo la base de la formulación en estabilidad a grandes ángulos de escora.

Los cálculos de estabilidad a grandes ángulos se calculan con una posición del centro de gravedad inicialmente en la intersección entre la línea base y la línea de crujía, conocida como K. Luego, el programa "MaxSurf Stability" calcula y representa las curvas KN dependiendo del desplazamiento y de la posición del centro de gravedad. Con estos resultados se calcula el brazo adrizante, cuya expresión es:

$$GZ = KN - KG * \sin\theta$$

Las curvas GZ se forman al graficar los valores de GZ para cada desplazamiento y ángulo de escora. Como en esta parte del proyecto se desconoce la posición exacta del CG, solamente se graficará la curva GZ y en el cuaderno 11 ya se procederá a realizar un cálculo más extenso.

#### **3.2.1 Curvas KN**

En el programa "MaxSurf Stability" se puede obtener el gráfico de las curvas KN introduciendo el ángulo de escora y desplazamiento; y cambiando el tipo de análisis de "Upright Hydrostatics" a "KN Values". El rango de interés de cada parámetro es:

- Ángulos de escora con incrementos de 2,5 grados desde los 10 hasta los 180 grados.
- El desplazamiento variará desde las 80 hasta las 130 toneladas con un incremento de 10 toneladas.

Los resultados obtenidos son:



Desplazamiento (t)	Calado (m)	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
80	2,245	0,592	0,728	0,861	0,99	1,116	1,239	1,36	1,479	1,595	1,71	1,824	1,938	2,05	2,158	2,262	2,36	2,452	2,539	2,62	2,696	2,765
85	2,3	0,595	0,733	0,868	0,998	1,126	1,251	1,373	1,494	1,612	1,728	1,844	1,958	2,069	2,176	2,276	2,371	2,46	2,543	2,619	2,69	2,755
90	2,354	0,596	0,736	0,873	1,005	1,135	1,261	1,385	1,507	1,627	1,745	1,862	1,977	2,086	2,19	2,288	2,38	2,466	2,545	2,617	2,684	2,745
95	2,409	0,596	0,738	0,876	1,011	1,142	1,27	1,396	1,519	1,641	1,76	1,878	1,993	2,101	2,203	2,298	2,387	2,469	2,545	2,615	2,678	2,735
100	2,463	0,594	0,739	0,879	1,015	1,148	1,278	1,405	1,53	1,654	1,775	1,893	2,006	2,113	2,213	2,306	2,392	2,472	2,545	2,611	2,672	2,726
105	2,517	0,592	0,738	0,88	1,019	1,153	1,285	1,414	1,541	1,665	1,788	1,906	2,017	2,122	2,22	2,311	2,395	2,472	2,543	2,607	2,665	2,718
110	2,57	0,59	0,737	0,881	1,021	1,158	1,291	1,422	1,55	1,677	1,8	1,916	2,027	2,13	2,226	2,315	2,397	2,472	2,541	2,603	2,659	2,71
115	2,623	0,588	0,736	0,881	1,023	1,161	1,296	1,429	1,559	1,687	1,809	1,925	2,034	2,135	2,229	2,316	2,397	2,47	2,537	2,598	2,653	2,702
120	2,676	0,587	0,734	0,881	1,024	1,164	1,301	1,436	1,567	1,695	1,817	1,931	2,039	2,138	2,231	2,316	2,395	2,467	2,533	2,592	2,646	2,694
125	2,729	0,585	0,733	0,88	1,025	1,167	1,306	1,442	1,575	1,702	1,823	1,936	2,042	2,14	2,231	2,315	2,392	2,463	2,528	2,586	2,639	2,686
130	2,782	0,585	0,732	0,879	1,026	1,169	1,31	1,447	1,581	1,708	1,827	1,939	2,043	2,14	2,229	2,312	2,388	2,458	2,522	2,58	2,632	2,678

62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85	87,5	90	92,5	95	97,5	100	102,5	105	107,5	110	112,5	115	117,5	120
2,831	2,892	2,95	3,006	3,055	3,081	3,093	3,093	3,084	3,066	3,04	3,007	2,966	2,919	2,865	2,804	2,738	2,666	2,589	2,507	2,419	2,328	2,232	2,132
2,815	2,871	2,924	2,973	3,021	3,056	3,07	3,072	3,065	3,048	3,024	2,991	2,952	2,906	2,853	2,795	2,73	2,66	2,584	2,503	2,417	2,327	2,233	2,135
2,801	2,853	2,9	2,944	2,987	3,026	3,047	3,051	3,045	3,03	3,007	2,976	2,939	2,894	2,843	2,786	2,722	2,654	2,579	2,5	2,416	2,328	2,235	2,139
2,788	2,835	2,879	2,918	2,956	2,992	3,021	3,03	3,026	3,013	2,991	2,962	2,926	2,882	2,833	2,777	2,716	2,649	2,576	2,498	2,416	2,329	2,238	2,144
2,776	2,82	2,86	2,896	2,928	2,959	2,99	3,007	3,006	2,995	2,975	2,948	2,913	2,871	2,823	2,769	2,709	2,644	2,573	2,497	2,417	2,331	2,242	2,149
2,765	2,806	2,843	2,876	2,904	2,931	2,957	2,98	2,986	2,977	2,959	2,934	2,901	2,861	2,814	2,762	2,704	2,64	2,571	2,497	2,418	2,334	2,247	2,155
2,754	2,794	2,828	2,858	2,884	2,906	2,927	2,948	2,963	2,959	2,943	2,92	2,888	2,85	2,806	2,755	2,698	2,636	2,569	2,496	2,419	2,338	2,252	2,162
2,745	2,782	2,815	2,842	2,866	2,885	2,902	2,918	2,933	2,939	2,927	2,906	2,876	2,84	2,797	2,748	2,694	2,633	2,567	2,497	2,421	2,341	2,257	2,169
2,735	2,772	2,803	2,829	2,85	2,867	2,88	2,892	2,904	2,914	2,91	2,891	2,864	2,83	2,789	2,742	2,689	2,63	2,566	2,497	2,424	2,345	2,263	2,177
2,727	2,762	2,792	2,816	2,836	2,851	2,862	2,871	2,878	2,885	2,889	2,876	2,852	2,82	2,781	2,736	2,684	2,628	2,565	2,498	2,426	2,35	2,269	2,185
2,718	2,752	2,781	2,805	2,824	2,838	2,847	2,853	2,857	2,859	2,862	2,858	2,839	2,809	2,773	2,73	2,68	2,625	2,565	2,499	2,429	2,354	2,276	2,193

122,5	125	127,5	130	132,5	135	137,5	140	142,5	145	147,5	150	152,5	155	157,5	160	162,5	165	167,5	170	172,5	175	177,5	180
2,029	1,923	1,814	1,703	1,591	1,477	1,363	1,249	1,136	1,025	0,916	0,811	0,709	0,612	0,521	0,438	0,364	0,3	0,246	0,201	0,154	0,105	0,054	0,003
2,034	1,929	1,822	1,713	1,601	1,489	1,376	1,264	1,152	1,042	0,935	0,832	0,733	0,639	0,551	0,471	0,399	0,335	0,28	0,229	0,175	0,119	0,061	0,003
2,039	1,936	1,831	1,723	1,613	1,503	1,391	1,28	1,169	1,061	0,955	0,853	0,756	0,665	0,58	0,502	0,432	0,368	0,312	0,255	0,194	0,132	0,067	0,003
2,045	1,944	1,84	1,734	1,626	1,517	1,407	1,297	1,188	1,081	0,976	0,875	0,78	0,691	0,609	0,533	0,463	0,4	0,34	0,277	0,211	0,142	0,073	0,003
2,053	1,953	1,851	1,746	1,64	1,533	1,424	1,316	1,208	1,102	0,998	0,899	0,805	0,717	0,637	0,562	0,493	0,428	0,364	0,296	0,225	0,152	0,078	0,003
2,06	1,963	1,862	1,759	1,655	1,548	1,442	1,334	1,228	1,123	1,021	0,922	0,829	0,743	0,664	0,59	0,521	0,454	0,385	0,313	0,238	0,16	0,082	0,003
2,069	1,973	1,874	1,773	1,669	1,565	1,46	1,354	1,249	1,145	1,044	0,947	0,855	0,769	0,69	0,616	0,547	0,478	0,404	0,328	0,249	0,168	0,086	0,003
2,078	1,983	1,886	1,786	1,685	1,582	1,478	1,374	1,27	1,168	1,068	0	0	0	0	0	0	0,498	0,421	0,341	0,259	0,175	0,089	0,003
2,087	1,994	1,899	1,8	1,701	1,599	1,497	1,394	1,292	1,191	1,092	0,997	0,906	0,82	0,741	0,666	0,593	0,517	0,437	0,353	0,268	0,18	0,092	0,003
2,097	2,005	1,911	1,815	1,717	1,617	1,516	1,415	1,314	1,215	1,117	1,023	0,932	0,846	0,765	0,689	0,612	0,533	0,45	0,364	0,276	0,186	0,094	0,003
2,106	2,017	1,925	1,83	1,733	1,635	1,536	1,436	1,337	1,238	1,142	1,048	0,958	0,871	0,789	0,71	0,63	0,548	0,462	0,374	0,283	0,19	0,097	0,003

Tabla 7. Resultados de las curvas KN con varios desplazamientos

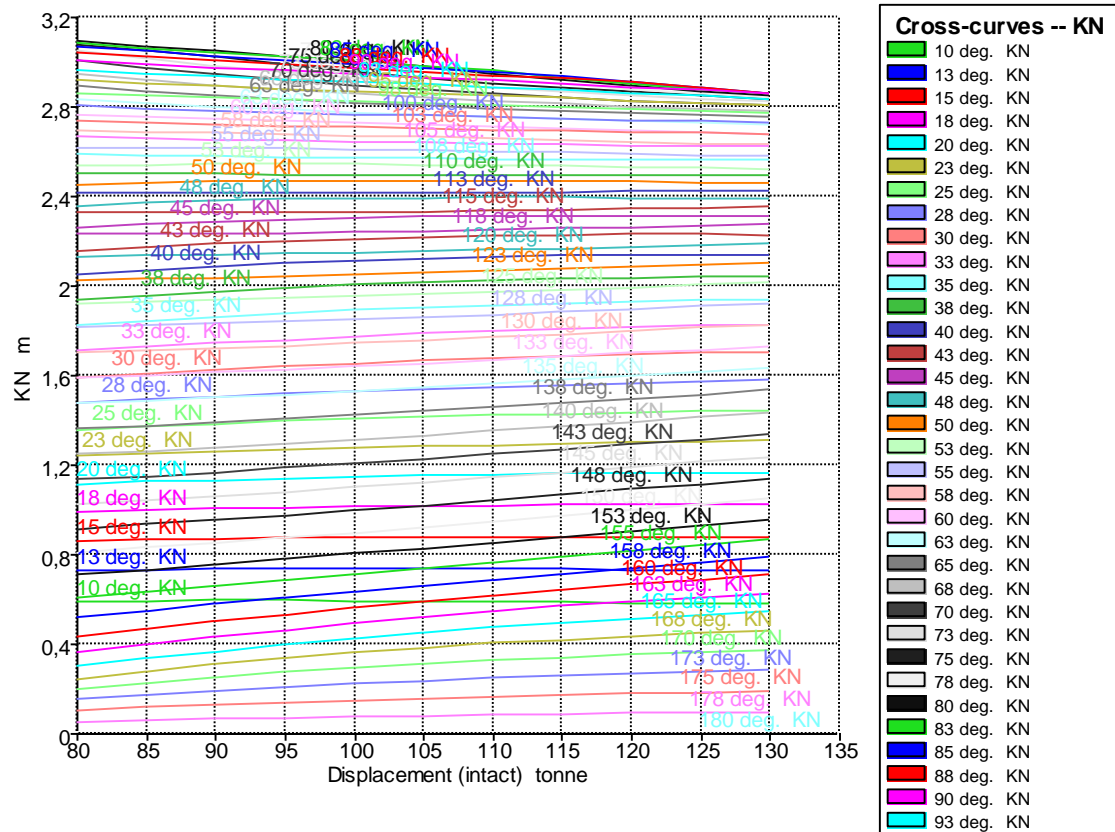


Figura 12. Resultados de KN para varios desplazamientos

### 3.2.2 Curvas KN y GZ para el desplazamiento de diseño

Al disponer solamente de una estimación inicial de la posición del centro de gravedad del buque en su desplazamiento de diseño, se graficará la curva GZ a partir de la curva KN de esa condición de desplazamiento.

Grados	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
KN	0,592	0,738	0,881	1,02	1,155	1,288	1,418	1,545	1,67	1,793	1,911	2,022	2,126	2,223	2,313	2,396	2,472	2,542	2,605	2,663	2,714
GZ	0,196	0,245	0,291	0,334	0,375	0,415	0,454	0,492	0,530	0,568	0,603	0,634	0,660	0,683	0,701	0,715	0,725	0,733	0,737	0,740	0,739

62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85	87,5	90	92,5	95	97,5	100	102,5	105	107,5	110	112,5	115
2,76	2,801	2,836	2,868	2,895	2,92	2,943	2,966	2,976	2,969	2,952	2,927	2,895	2,856	2,811	2,759	2,701	2,638	2,57	2,496	2,418	2,336
0,738	0,735	0,730	0,726	0,721	0,718	0,717	0,721	0,716	0,698	0,674	0,647	0,617	0,585	0,551	0,514	0,475	0,436	0,396	0,354	0,312	0,270

117,5	120	122,5	125	127,5	130	132,5	135	137,5	140	142,5	145	147,5	150	152,5	155	157,5	160	162,5
2,249	2,158	2,064	1,967	1,867	1,765	1,661	1,556	1,449	1,343	1,237	1,133	1,031	0,933	0,84	0,755	0,675	0,602	0,532
0,227	0,183	0,141	0,099	0,058	0,018	-0,020	-0,056	-0,091	-0,123	-0,151	-0,175	-0,194	-0,207	-0,213	-0,209	-0,198	-0,178	-0,154

165	167,5	170	172,5	175	177,5	180
0,465	0,394	0,32	0,243	0,164	0,084	0,003
-0,125	-0,099	-0,076	-0,055	-0,035	-0,015	0,003

Tabla 8. Curva KN en el desplazamiento de diseño

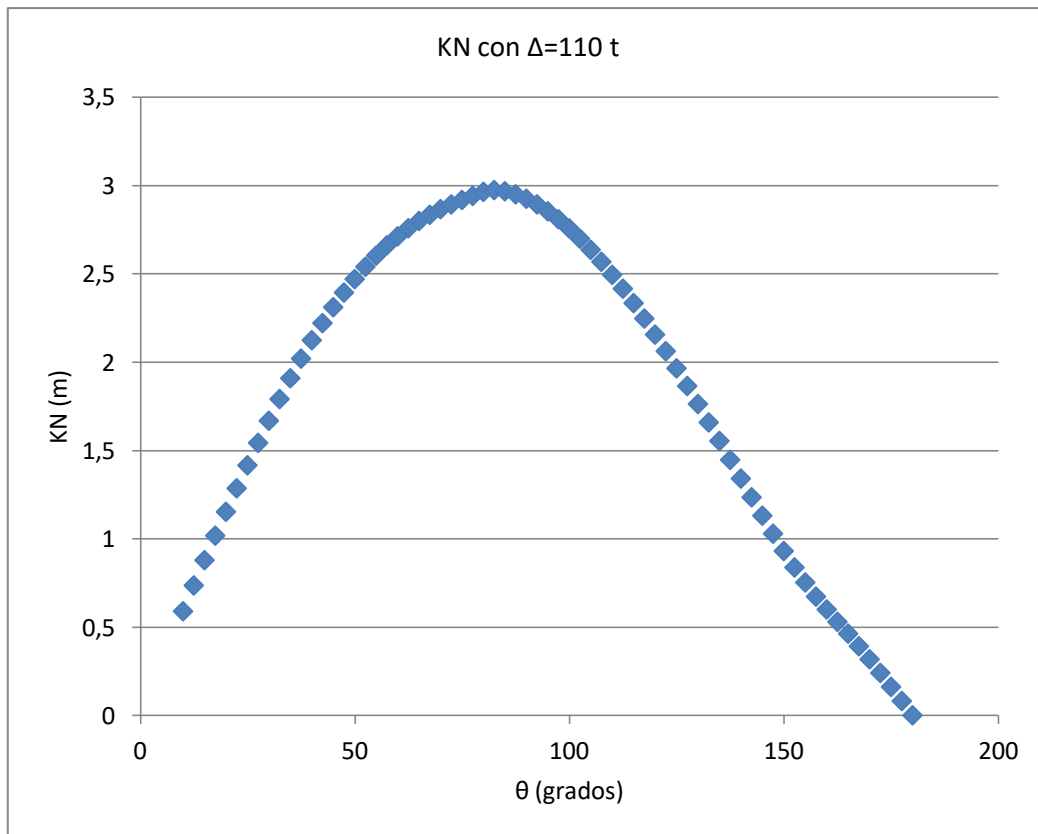


Figura 13. Resultados de KN para el desplazamiento de diseño

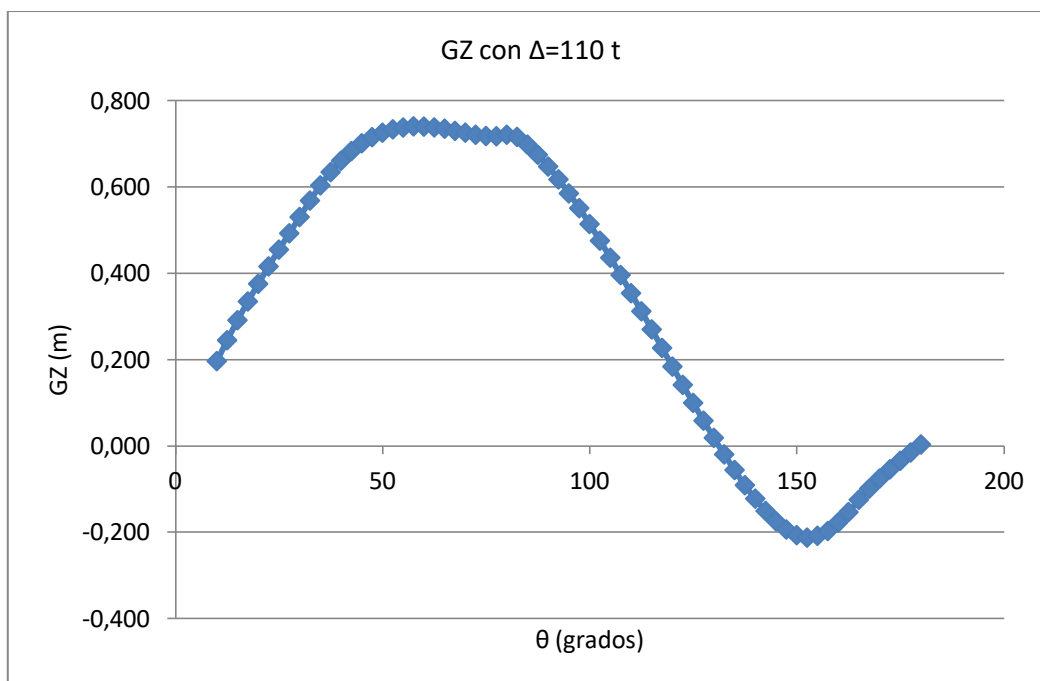


Figura 14. Curva GZ para el desplazamiento de diseño

A partir de los 50 grados de escora el buque pierde la estabilidad totalmente, pero es una situación que no se prevé durante las faenas de pesca. Igualmente, más adelante en el cuaderno 11 se estudiará íntegramente la estabilidad del buque.

## 4. Estimación de arqueo y francobordo

### 4.1 Francobordo

El francobordo se define como la distancia vertical en la sección media entre el canto superior de la cubierta de francobordo o cubierta más expuesta a la intemperie y la línea de flotación correspondiente.

La función del francobordo es asegurar:

- Que la resistencia estructural del buque sea suficiente para el calado máximo previsto.
- Que se cumplan los criterios de estabilidad.
- La seguridad de las personas que trabajen en cubierta o en zonas expuestas.
- Un margen de seguridad razonable para prevenir la entrada de agua.

El francobordo asignado a esta embarcación debe cumplir con las prescripciones relativas al francobordo mínimo, calado máximo admisible y la altura de la amura [1].

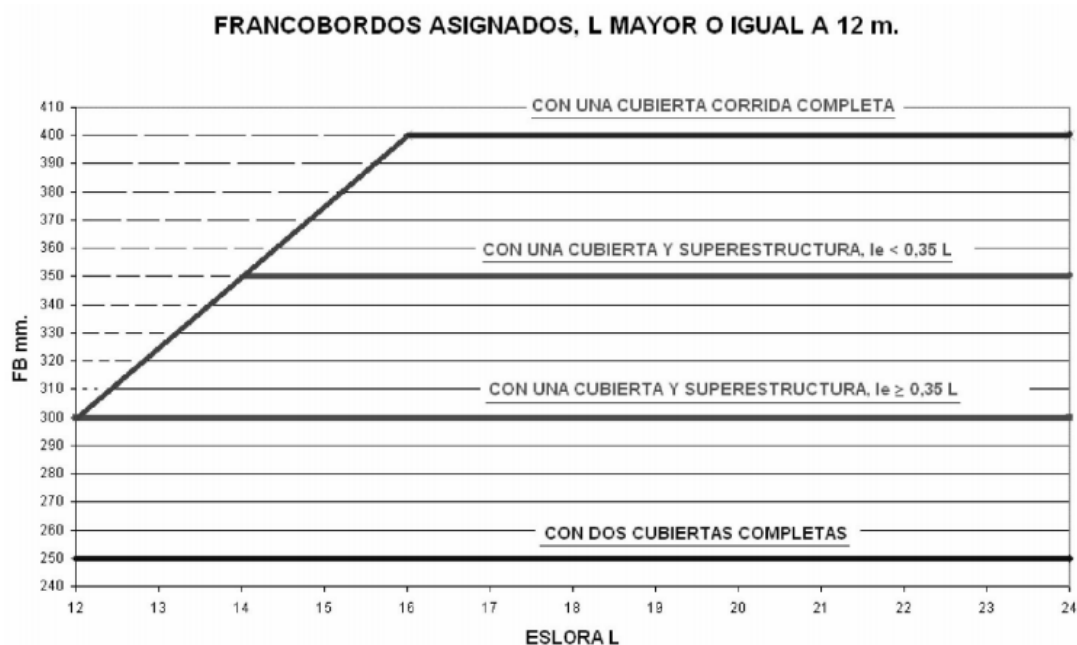


Figura 15. Criterios para asignar el francobordo

En buques de cubierta completa corrida como es en este caso, el francobordo deberá ser tal que la distancia vertical mencionada anteriormente no sea inferior a lo largo de toda la eslora a 400 milímetros. En el Real Decreto 543/2007 [1], exactamente en el Anexo II, se representa gráficamente los francobordos mínimos dependiendo de la estructura del buque:

En el buque proyecto la altura de francobordo se ha determinado con el programa Autocad y es de 490 mm a lo largo de toda la eslora, cumpliendo con la distancia mínima propuesta por el Real Decreto de 400 mm.

Por otra parte, las características de la línea de cubierta y la marca de francobordo son:

- La línea de cubierta es una línea de 300 mm. de longitud con 25 mm. de ancho. Se situará a cada lado del buque en la mitad de la eslora coincidiendo el borde superior de la línea con la intersección del canto superior de la cubierta de francobordo con el forro exterior.
- La marca de francobordo se situará a cada banda del buque, formada por una línea horizontal de 450 mm. de longitud y 25 mm. de anchura; y un disco en el centro de la línea horizontal con una longitud igual a la línea de cubierta. Ambas líneas comparten el mismo eje simétrico.

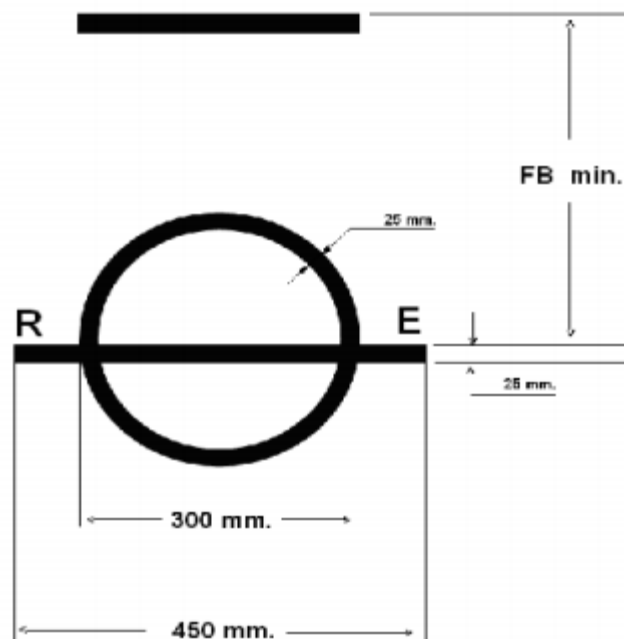


Figura 16. Marca de francobordo

La distancia entre los bordes superiores de cada línea es igual al francobordo asignado, en este caso es 490 mm.

## 4.2 Arqueo

La normativa que comúnmente se acude para calcular el arqueo bruto y neto del buque es el "Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques" del año 1969 [3], pero en el artículo 4 se menciona que no aplica a buques de eslora inferior a 24 metros. Por lo tanto, se utilizará el "Reglamento nacional de arqueo para buques, embarcaciones y artefactos navales" [2].

El arqueo se define como el volumen o espacio cerrado en una embarcación que se obtiene de al efectuar el cálculo correspondiente y cuyo resultado expresa el tamaño de una embarcación y su capacidad utilizable. [2]

Las reglas para el cálculo del arqueo para embarcaciones de eslora menor a 24 metros se encuentran en el capítulo 5 de la referencia 2. En este se explica, que las embarcaciones en el reglamento nacional se clasifican en cuatro rangos dependiendo de la eslora, en este caso se considera de rango **D** ya que la eslora del buque proyecto se encuentra entre 19 y 24 metros.

En primer lugar, el arqueo bruto es la expresión del tamaño total de una embarcación, la fórmula para calcular este valor es:

$$GT = \frac{(V_C + V_S)}{2,83} * C$$

Donde:

GT = Arqueo Bruto

$V_C = E_a * M * P * C_b * N$  (Es el volumen bajo cubierta)

Et = Eslora total (22,6 metros)

Ea = Eslora de arqueo (Epp x 0.96)

$$Ea = Epp * 0,96$$

$$Ea = 19,346 * 0,96 = 18,57 \text{ metros}$$

Epp = Eslora entre perpendiculares (19,346 metros)

M = Manga (5,62 metros)

P = Puntal de trazado (3 metros)

Cb = Coeficiente de bloque que al ser una embarcación de un solo lanzamiento corresponde con un valor de 0,96.

N = Coeficiente estimado de acuerdo a los apéndices de las embarcaciones, este caso es 1,02 ya que es una embarcación a motor de propulsión sencilla



Vs = Volumen de todos los espacios que estén cubiertos de manera permanente encima de la cubierta superior. Este valor se ha obtenido directamente del modelo 3D en el programa "Rhino 3D" y es de 27,8325 m<sup>3</sup>.

C = Es un coeficiente que depende de la eslora de arqueo, en este caso corresponde al valor de 0,726 al superar la eslora de arqueo el límite de 19 metros.

Por lo tanto:

$$V_c = E_a * M * P * C_b * N$$

$$V_c = 18,57 * 5,62 * 3 * 0,96 * 1,02 = 306,58 \text{ m}^3$$

$$GT = \frac{(V_c + V_s)}{2,83} * C$$

$$GT = \frac{(306,58 + 27,8325)}{2,83} * 0,726 = 85,79$$

Este valor es muy similar a los mostrados en la tabla de información de buques dedicados a la pesca de gamba roja en el cuadernillo 1.

Por otro lado, el arqueo neto es la expresión de la capacidad utilizable de una embarcación.

Para embarcaciones que cuenten con la sala de máquinas dividida por mamparos transversales estancos y planta propulsora dentro del casco, como es en este caso, el resultado del arqueo neto se obtendrá al dividir el arqueo bruto por la mitad.

$$NT = GT * 0,5$$

$$NT = 85,79 * 0,5 = 42,89$$

## Bibliografía

- [1] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »
- [2] Ministerio de Defensa. «Reglamento Nacional de Arqueo para buques, embarcaciones y artefactos navales ».
- [3] Organización Marítima Internacional. «Convenio Internacional sobre arqueo de buques». Londres, 1969.
- [4] *American Bureau of Shipping, « Rules for Building and Classing Steel Vessels under 90 meters in length» , Part 5 Specialized Vessels and Services, 2012.*

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 5**

### **Estimación de potencia y proyecto de propulsores**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona







# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	VII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA AL AVANCE Y POTENCIA EFECTIVA</b>	<b>2</b>
2.1 RESISTENCIA AL AVANCE EN NAVEGACIÓN LIBRE	2
2.2 RESISTENCIA AL AVANCE EN ARRASTRE	4
<b>3. EQUIPO PROPULSOR</b>	<b>13</b>
3.1 ELECCIÓN DEL TIPO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE PROPULSIÓN	13
3.2 CÁLCULO DE POTENCIA DEL EQUIPO PROPULSOR	14
3.3 PROPULSOR ESCOGIDOS Y SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	17
4.2 NÚMERO DE PALAS	19
4.3 HUELGOS Y DIÁMETRO	20
4.4 RELACIÓN ÁREA-DISCO	22
4.5 TIPO DE HÉLICE Y SUS CARACTERÍSTICAS	23
<b>FIGURA. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE LA HÉLICE</b>	<b>27</b>
4.6 RENDIMIENTO DE LA HÉLICE PARA LA CONDICIÓN DE ARRASTRE	28
<b>5. TIMÓN</b>	<b>30</b>
5.1 INTRODUCCIÓN	30
5.2 TIPO DE TIMÓN	30
5.3 CARACTERÍSTICAS DEL TIMÓN	31
5.4 REQUISITOS DEMANDADOS AL TIMÓN	33
<b>6. POTENCIA DEL SERVOMOTOR</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>37</b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. RESISTENCIA VS VELOCIDAD .....</b>	<b>3</b>
<b>FIGURA 2. DIMENSIONES DE LA RED ESTÁNDAR .....</b>	<b>5</b>
<b>FIGURA 3. DIMENSIONES DE LA RED PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PORTONES .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 5. DIMENSIONES DEL MOTOR .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 6. HUELGOS MÍNIMOS POR LLOYD'S REGISTER.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 7. HÉLICE CON UNA RELACIÓN <math>ADA0</math> DE 0,55.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 8. GRÁFICO DE CURVAS <math>BP-\Delta</math>.....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 9. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE LA HÉLICE. ....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 10. PARÁMETROS DEL TIMÓN I.....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 11. PARÁMETROS DEL TIMÓN II.....</b>	<b>35</b>



## Lista de tablas

<b>TABLA 1. RANGO DE APLICACIÓN DE HOLTROP.....</b>	<b>2</b>
<b>TABLA 2. TIPO DE BUQUE SEGÚN EL FN .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 3. RESISTENCIA VS VELOCIDAD .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAÑOS I .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAÑOS II .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAÑOS III .....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LOS PORTONES .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR .....</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 9. HUELGOS MÍNIMOS POR LLOYD'S REGISTER .....</b>	<b>20</b>
<b>TABLA 10. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE LA HÉLICE .....</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LA HÉLICE .....</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 12. REQUERIMIENTOS DE MANIOBRABILIDAD .....</b>	<b>33</b>
<b>TABLA 13. PARÁMETROS DEL TIMÓN .....</b>	<b>33</b>

## Lista de fórmulas

<b>FÓRMULA 1. RENDIMIENTO CUASI-PROPULSIVO I .....</b>	<b>14</b>
<b>FÓRMULA 2. EXPRESIÓN PROPUESTA POR EMERSON .....</b>	<b>14</b>
<b>FÓRMULA 3. EXPRESIÓN PROPUESTA POR EL CEHIPAR .....</b>	<b>14</b>
<b>FÓRMULA 4. RENDIMIENTO CUASI-PROPULSIVO II .....</b>	<b>15</b>
<b>FÓRMULA 5. PARÁMETRO K .....</b>	<b>21</b>
<b>FÓRMULA 6. PARÁMETRO <math>Bp</math>.....</b>	<b>24</b>
<b>FÓRMULA 7. VELOCIDAD DE AVANCE .....</b>	<b>24</b>
<b>FÓRMULA 8. PARÁMETRO <math>\delta</math> .....</b>	<b>24</b>

## **1. Introducción**

En este cuadernillo se va a establecer la planta propulsora y sus equipos. Para ello se va a analizar la resistencia al avance a partir de varios métodos estadísticos en la situación de navegación libre y en arrastre. En la condición de arrastre se tendrá en cuenta el aparejo que se debe remolcar y la resistencia que produce el mismo. Comparando ambos resultados se escogerá el motor más adecuado a la situación crítica.

Luego se escogerá el tipo de equipo propulsor y la hélice según las características hidrodinámicas, dimensionales y condiciones de navegación del buque proyecto. Además, se analizará el rendimiento de la misma para ambas situaciones.

Finalmente se dimensiona el timón y servomotor según las necesidades de maniobrabilidad de la embarcación.

## 2. Estimación de resistencia al avance y potencia efectiva

### 2.1 Resistencia al avance en navegación libre

La velocidad de navegación del buque proyecto debe alcanzar por exigencia del armador los 14 nudos al 85% MCR, ya que es común que los buques de pesca de gamba roja compartan el mismo caladero con otros 10 barcos, de forma que la velocidad es un factor relevante ya que permite al buque escoger el caladero de mayor interés, teniendo en cuenta tiempos de descanso de cada caladero. Con el objetivo de escoger un motor capaz de aportar la energía suficiente, es necesario calcular la resistencia al avance del buque debido a las formas de la carena.

La resistencia al avance se obtiene al importar las formas del buque previamente analizadas en el Programa MaxSurf Modeler, a la otra variante MaxSurf Resistance. En este se aplican varios métodos estadísticos con los que calculan la resistencia al avance y la potencia requerida según la velocidad de navegación.

Los métodos estadísticos más comunes son Holtrop y Savitsky. En primer lugar, el método de Holtrop se aplica a buques de desplazamiento con un gran rango de uso, aunque existen limitaciones recomendadas por Bentley que hacen que sea más preciso.

	Rango de aplicación recomendable de Holtrop			
	Fn	Cp	L/B	B/T
Holtrop	0-0.8	0.55-0.85	3.9-15	2,1-4
Buque proyecto trayecto	0,13	0,612	4,02135231	2,21259843
Buque proyecto pescando	0,52	0,612	4,02135231	2,21259843

Tabla 1. Rango de aplicación de Holtrop

Teóricamente, el método de Holtrop es aplicable en ambas situaciones. No obstante, el método de Savitsky calcula la resistencia de embarcaciones que navegan en condición de planeo. El comportamiento de este tipo de embarcaciones es diferente a las embarcaciones de desplazamiento, ya que a altas velocidades se genera un efecto de sustentación o empuje hidrodinámico que eleva el casco, esto supone una reducción de la resistencia al avance al haber menos superficie del casco en contacto con el agua. El comportamiento hidrodinámico del buque proyecto en el trayecto puerto-caladero no está claro si se trata de de un buque de semi-desplazamiento o de planeo, según el tipo se puede calcular la resistencia al avance por Savitsky pre-planing o planing.

En general [1]:

	Desplazamiento	Semi-Desplazamiento	Planeo
Fn	0-0.42	0.42-1,1	1,1+

Tabla 2. Tipo de buque según el Fn

El número de Froude del buque proyecto en navegación libre es de 0,52; correspondiente a un buque de semi-desplazamiento. Por lo tanto, el buque se comporta diferente hidrodinámicamente en el trayecto de puerto-caladero, ya que se considera de semi-desplazamiento, y durante las operaciones de pesca, que se considera como buque de desplazamiento.

El programa MaxSurf Resistance realiza los cálculos de estimación de la resistencia al avance y potencia requerida para diferentes velocidades con los métodos de Holtrop y Savitsky Pre-Planing. En el mismo se pueden añadir datos sobre los estados de mar y acumulación de incrustaciones en el casco, aunque se estimarán con un aumento del 15% en los resultados de resistencia al avance.

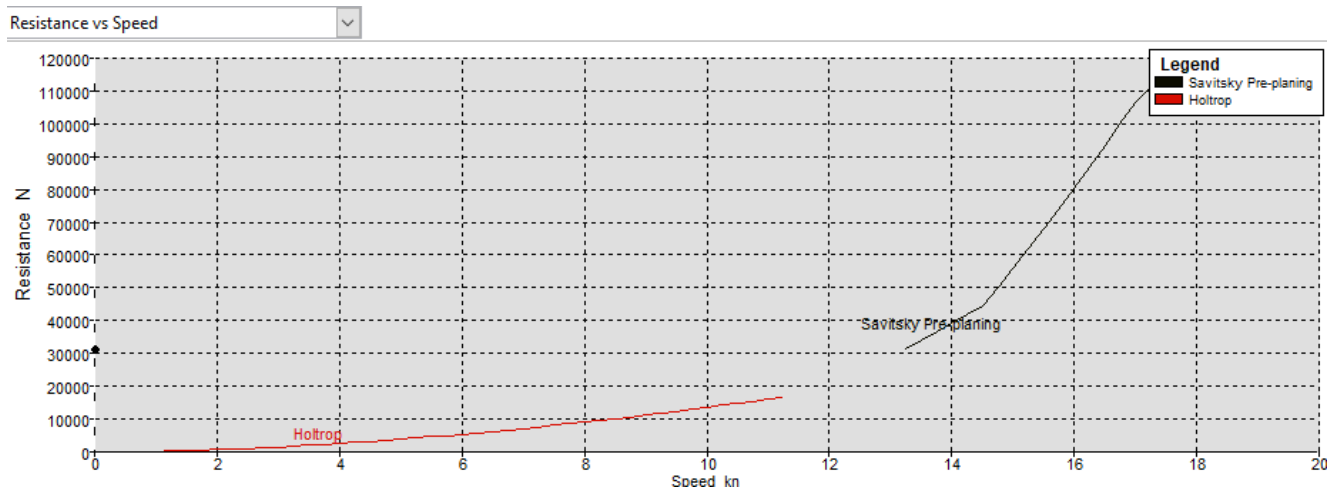


Figura 1. Resistencia vs velocidad

Velocidad (nudos)	Holtrop Resist (kN)	Holtrop EHP (kW)	Savitsky Pre-Planing Resist. (kN)	Savitsky Pre-Planing EHP (kW)
0,5	0,05101	0,01312	--	--
1	0,18739	0,0964	--	--
1,5	0,40562	0,31301	--	--
2	0,70288	0,72318	--	--
2,5	1,07473	1,38222	--	--
3	1,51611	2,33987	--	--
3,5	2,0223	3,64127	--	--
4	2,58938	5,32838	--	--
4,5	3,21434	7,4412	--	--
5	3,89494	10,01865	--	--

5,5	4,62956	13,09909	--	--
6	5,41705	16,72063	--	--
6,5	6,25657	20,92129	--	--
7	7,14754	25,7391	--	--
7,5	8,08957	31,21224	--	--
8	9,08246	37,37935	--	--
8,5	10,12628	44,27997	--	--
9	11,22115	51,95392	--	--
9,5	12,36701	60,44035	--	--
10	13,56422	69,7804	--	--
10,5	14,81426	80,02169	--	--
11	16,12036	91,2233	--	--
11,5	--	--	--	--
12	--	--	--	--
12,5	--	--	--	--
13	--	--	--	--
13,5	--	--	34,15656	237,21731
14	--	--	39,28819	282,96229

Tabla 3. Resistencia vs velocidad

Por el motivo anterior se aumenta el valor de la resistencia en un 15% [2], dando como resultado:

$$Resistencia\ al\ avance = 45,18\ kN$$

$$Potencia\ efectiva = 331,37\ kW$$

## 2.2 Resistencia al avance en arrastre

Es de gran importancia el cálculo de la resistencia al avance en condición de arrastre, ya que comúnmente las capturas son de varias toneladas y suponen un requerimiento de empuje muy elevado. Sin embargo, la captura en este tipo de embarcación no va a suponer un problema ya que ronda los 150 kg., por otra parte se prevé un aumento de la resistencia por la gran cantidad de cables que se van a instalar a bordo.

Los elementos que generan resistencia al avance son:

- Red
- Puertas
- Cables y malletas

La forma que lo representa es [18]:

$$R_t = R_r + R_p + R_c + R_m$$

$R_t$  = Resistencia total del aparejo







Donde:

$N_s$  = Número de mallas del borde superior del paño

$N_i$  = Número de mallas del borde inferior del paño

$H_m$  = Número de mallas en altura del paño

$a$  = lado de una malla en metros

$u_1$  = Coeficiente de abertura horizontal de la malla, se usa 0,5 ya que es el más usual

$u_2$  = Coeficiente de abertura vertical de la malla, se usa 0,87 ya que es el más usual

Como todos estos valores son conocidos y se muestran en la figura (?), es posible calcular la superficie de la red con ayuda del programa Excel:

Paño	Nº Paños	Na	Nb	(Na+Nb)/2	Nh
1	2	26	80	53	136
2	2	25	60	42,5	154
3	1	312	60	186	140
4	1	272	60	166	122
5	1	80	80	80	5

Tabla 4. Características de los paños I

Paño	a	4a <sup>2</sup>	u <sub>1</sub>	u <sub>2</sub>	Stotal
1	0,02	0,0016	0,5	0,87	10,033536
2	0,02	0,0016	0,5	0,87	9,11064
3	0,02	0,0016	0,5	0,87	18,12384
4	0,02	0,0016	0,5	0,87	14,095392
5	0,0025	0,000025	0,5	0,87	0,00435
Superficie total del paño (m <sup>2</sup> )					51,367758

Tabla 5. Características de los paños II

Con el valor de la superficie total del paño se puede calcular la resistencia de red, cuya expresión más utilizada es la japonesa [10]:

$$R = 191 * \frac{d}{a} * V^2 * S * \text{sen} \alpha$$

Donde:

R = Resistencia de la red

d = diámetro promedio del hilo utilizando la red en mm.

$a$  = lado promedio de las mallas de la red en mm.

$V$  = velocidad de arrastre; 3,5 nudos.

$S$  = superficie del paño de la red

$\alpha$  = es el ángulo de ataque horizontal del paño de la red respecto a la corriente de agua, este se encuentra a 15°.

Los valores que faltan por conocer son:

Paño	D	a
1	4	40
2	4	40
3	2	40
4	2	40
5	2	5
Promedio:	2,8	33

Tabla 6. Características de los paños III

Finalmente, la resistencia de la red es [10]:

$$R_r = 191 * \frac{2,8}{33} * (3,5 * 0,5144)^2 * 51,3677 * \text{sen}(15) = 175,39 \text{ kgf o } 1,72 \text{ kN}$$

### 2.2.2 Resistencia de cables y malleta

Los cables y malletas son elementos que no exceden del 5% de la resistencia total del equipo hasta una profundidad promedio de 200 metros [10], pero en este caso se plantea calar a una profundidad de 800 metros con 800 metros de cable y 100 metros de malleta como máximo, por lo que se prevé un gran valor en la resistencia por cables y malleta.

La resistencia de los cables y la malleta se calcula como [10]:

$$2 R = L * V^2 * d * \delta * C_x$$

Donde:

$2 R$  = Resistencia hidrodinámica de los dos cables de arrastre

L = Longitud de cable y malleta lanzado durante el trabajo en metros; 800 metros de cable y 100 metros de malleta.

V = Velocidad de arrastre en m/s que se aplique; 7,2022 m/s

$\delta$  = es la densidad del agua de mar en el sistema técnico de medida;  $104 \text{ kgf} \times \text{seg}^2 / \text{m}^4$

d = diámetro del cable en metros

$C_x$  = Coeficiente de resistencia que se estima en túneles hidrodinámicos igual a 0,1

En una primera estimación, en el apartado 6 de la referencia 2 , se facilita una tabla de valores de diámetros en función de la potencia requerida, se utiliza como potencia requerida la planteada para la resistencia al avance en condición de navegación libre, calculada posteriormente (670 kW). En este caso, el diámetro del cable se estima en 18 mm para una potencia inmediatamente superior a la calculada, es decir, de 700 kW. Por otra parte, en el apartado 7 se comenta que la carga de rotura de las malletas es el 75% de la carga de rotura del cable de arrastre. En la tabla del apartado 6, se observa que el cable de arrastre, cuyo diámetro es de 18 mm, le corresponde una resistencia a la rotura de 15,80 kg, el 75% es este valor es 11,85 kg y el diámetro cuyo valor de resistencia a la rotura es inmediatamente superior al calculado es de 16,5 mm.

Con todos los valores conocidos, se calcula la resistencia de los cables y la malleta [10]:

$$2 R_{\text{cable}} = L * V^2 * d * \delta * C_x$$

$$2 R_{\text{cable}} = 4000 * (3,5 * 0,5144)^2 * 0,018 * 104 * 0,1$$

$$R_{\text{cable}} = 1213,59 \text{ kgf o } 11,90 \text{ kN}$$

$$\text{Resistencia de los cables en total} = R_{\text{cable}} * 2 = 23,81 \text{ kN}$$

$$2 R_{\text{Malleta}} = L * V^2 * d * \delta * C_x$$

$$2 R_{\text{Malleta}} = 200 * (3,5 * 0,5144)^2 * 0,016 * 104 * 0,1$$

$$R_{\text{Malleta}} = 53,94 \text{ kgf o } 0,529 \text{ kN}$$

$$\text{Resistencia de las malletas en total} = R_{\text{Malleta}} * 2 = 1,038 \text{ kN}$$

### 2.2.3 Resistencia de los portones

Las puertas de arrastre o portones constituyen una parte del aparejo de pesca. Las formas de este elemento se han mejorado en los últimos años a través de investigaciones en túneles hidrodinámicos. Dependiendo del tipo de portón que se escoja, rendirá mejor en una profundidad u otra, para el arrastre en media agua los portones tipo "Super V" obtienen un gran rendimiento hidrodinámico, en caso de realizar las operaciones de pesca en el fondo, todos los portones son aceptable si es un fondo suave, mientras que en fondo duros se debe seleccionar con cuidado. Luego, se pueden escoger portones de doble función, los que mayor rendimiento ofrecen son los Polivalentes, Concord y PSH.

En resumen, los portones más comunes con sus características hidrodinámicas son los siguientes:

Tipo de puerta	Ángulo de ataque óptimo	CL	CD	CL/CD	Comportamiento
Rectangular plana	40	0,82	0,72	1,14	Buena en fondo
Ovalada	35	0,93	0,74	1,25	Muy buena en fondo
Suberkrub	15	1,52	0,25	6,08	Muy buena en agua media

Tabla 7. Características de los portones

El tipo de puerta que interesa para este proyecto es la ovalada, ya que su comportamiento en arrastre de fondo es muy bueno.

CL y CD son los coeficientes de expansión y de resistencia al avance respectivamente, se expresan como [10]:

$$CL = \frac{L}{\left(\frac{1}{2} * \delta * V^2 * S\right)}$$

$$CD = \frac{D}{\left(\frac{1}{2} * \delta * V^2 * S\right)}$$

La introducción de estos coeficientes adimensionales se debe a que la fuerza de expansión (L) y la fuerza de arrastre o resistencia al avance (D) dependen inicialmente de la densidad del agua, velocidad de arrastre y superficie del portón.

$$L = \frac{1}{2} * \delta * V^2 * S * CL$$

$$D = \frac{1}{2} * \delta * V^2 * S * CD$$

Pero es lógico, que una puerta con cierto ángulo al flujo de agua no generará las mismas fuerzas que situándose perpendicular a la corriente. De forma que se introducen los coeficientes CL y CD cuyo valor se obtiene de gráficos que están en función del ángulo de ataque. Un ejemplo es el siguiente:

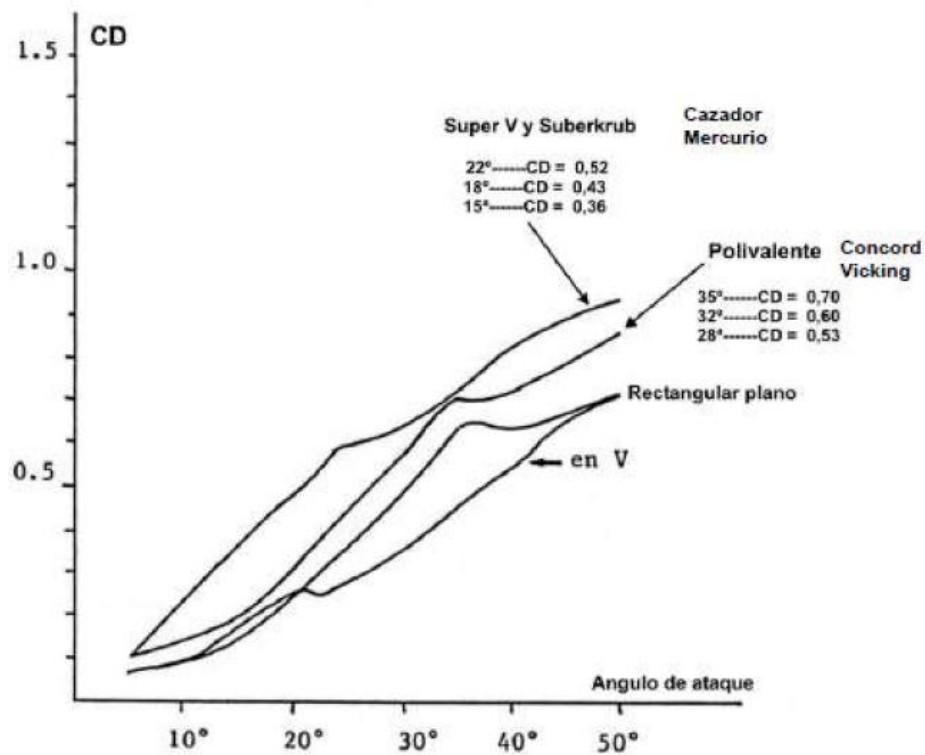


Figura 4. Características de los portones

El coeficiente CL es de importancia en la ecuación (la de la fuerza L) ya que cuanto mayor es este valor, más grande es la fuerza de abertura y mejor la puerta. No obstante, el coeficiente CD influye negativamente en la resistencia al avance, cuanto más gran es este valor, mayor es la resistencia.

La resistencia de un portón se expresa como [10]:

$$R_p = \frac{C_D * \gamma * V^2 * S}{2}$$

Donde:

R = resistencia del portón

CD = coeficiente de resistencia, se encuentra en la tabla (?)

S = superficie del portón

V = velocidad de arrastre en m/s, en este caso es 3,5 nudos.

$\gamma$  = Densidad de agua de mar en sistema MKS, 104 kgf x seg<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>

De estos parámetros, el único no conocido es la superficie aunque la relación longitud-altura de los portones ovalados es aproximadamente de 2,5 a 1; a diferencia de los demás portones cuya relación longitud-altura es de 1 a 0,5.

Otro dato a tener en cuenta, es que los portones ovalados representan el 20% de la resistencia total del aparejo, valor que coinciden la referencia 10 según el tipo de puerta y la referencia 2 en la figura 23 según la velocidad de remolque.

De forma que la resistencia de las puertas considerando que representan el 20 % de la resistencia total es de:

$$\text{Resistencia puertas} = \frac{R_{cable} + R_{malleto} + R_r}{0,8} - (R_{cable} + R_{malleto} + R_r)$$

$$\text{Resistencia puertas} = \frac{23,81 + 1,038 + 1,72}{0,8} - (23,81 + 1,038 + 1,72)$$

$$\text{Resistencia puertas} = 6,64 \text{ kN}$$

Finalmente, la resistencia total del aparejo es de [10]:

$$\text{Resistencia del aparejo} = R_{cable} + R_{malleto} + R_{red} + R_{portones}$$

$$\text{Resistencia del aparejo} = 23,81 + 1,038 + 1,72 + 6,64 \text{ kN} = 35,01 \text{ kN}$$

Hace décadas, no se le cedía importancia a la resistencia al avance del buque en arrastre, ya que este valor es mucho menor en esta condición que la que se produce en marcha libre, actualmente con los escandalosos precios de los combustibles cualquier parámetro que influya en determinar correctamente la potencia se tiene en cuenta.

$$\text{Resistencia del buque en arrastre} = \text{Resistencia del buque} + \text{Resistencia del aparejo}$$

$$\text{Resistencia del buque en arrastre} = 2,0223 + 35,01 = 37,03 \text{ kN}$$

La resistencia del buque se obtiene de la tabla de resistencias al avance calculada con el método de Holtrop. Además, la potencia de remolque necesaria para vencer la resistencia al avance se expresa como [10]:

$$EHP = \frac{R_T * V}{75}$$

Donde:

RT = Resistencia al avance en kp

V = Velocidad del buque en m/s

EHP = Potencia efectiva en CV.

Sustituyendo los valores conocidos:

$$EHP = \frac{\frac{37030}{9,81} * 3,5 * 0,5144}{75} = 90,61 \text{ CV o } 67,57 \text{ kW}$$

Como la potencia efectiva en arrastre es inferior a la potencia efectiva en navegación libre, se calculará el equipo propulsor con la potencia de la última condición; 331,37 kW.

### 3. Equipo propulsor

#### 3.1 Elección del tipo y las características de los equipos de propulsión

El equipo de propulsión que se instalará a bordo será el mismo que los buques presentes en la base de datos, estos disponen de un sistema de propulsión por línea de ejes.

Los componentes principales de la línea de ejes son:

- Hélice: Es el elemento que genera el empuje, trabaja con pocas rpm y exige un alto par motor.
- Eje: Transmite la potencia desde el motor hasta la hélice
- Reductora: Reduce las RPMs del motor para que la hélice funcione óptimamente.
- Motor: Entrega la potencia requerida.

### 3.2 Cálculo de potencia del equipo propulsor

Tras haberse calculado la potencia efectiva para la resistencia al avance a una velocidad de 14 nudos (situación más crítica), se debe valorar la potencia que recibe directamente la hélice al interactuar el flujo con la carena, esta se denomina potencia entregada a la hélice (DHP), se podría medir instalando un torsiómetro en el exterior del buque, pero lo habitual es estimar este valor.

La potencia entregada a la hélice se relaciona con la potencia efectiva por el rendimiento cuasi-propulsivo ( $\eta_D$ ):

$$\eta_D = \frac{EHP}{DHP}$$

Fórmula 1. Rendimiento cuasi-propulsivo I

El rendimiento cuasi-propulsivo sólo tiene en cuenta elementos hidrodinámicos, a diferencia del rendimiento propulsivo, al ser independiente de la máquina propulsora [5]. Este se puede calcular de varias formas: La primera es una propuesta de Emerson para arrastreros (fórmula ?) [2]; la segunda opción es a través de la fórmula experimental del Canal de Ensayos de El Pardo (fórmula ?) y la última opción es una fórmula en la que se implica el rendimiento del casco, rendimiento rotativo-relativo y el rendimiento del propulsor en aguas libres (fórmula ?).

$$\eta_D = 0,77 - 0,0001 * N \sqrt{L_{pp}}$$

Fórmula 2. Expresión propuesta por Emerson

Donde:

N = Revoluciones nominales por minuto del propulsor

L<sub>pp</sub> = Eslora entre perpendiculares en metros

$$\eta_D = 0,943 - 0,000187 * N * \sqrt{L_{pp}} + 0,023 * \frac{B}{T} - 0,2 * C_B + 0,00013 * C_B * N * \sqrt{L_{pp}}$$

Fórmula 3. Expresión propuesta por el CEHIPAR

Donde:

N = RPM del propulsor

L<sub>pp</sub> = Eslora entre perpendiculares en metros

C<sub>B</sub> = Coeficiente de bloque



B = Manga en metros

T = Calado en metros

Por falta de información acerca de las revoluciones óptimas del propulsor, no se realizarán los cálculos con estas fórmula. Por lo tanto, el rendimiento cuasi-propulsivo se expresa como:

$$\eta_D = \eta_H * \eta_R * \eta_o$$

Fórmula 4. Rendimiento cuasi-propulsivo II

Donde:

$\eta_H$  = Rendimiento del casco

$\eta_R$  = Rendimiento rotativo-relativo

$\eta_o$  = Rendimiento del propulsor en aguas libres

### 3.2.1 Rendimiento del casco

El rendimiento del casco se define como:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w}$$

Donde:

t = Coeficiente de succión

w = Coeficiente de estela

Al no poseer resultados de ensayos, estos parámetros se pueden calcular por las fórmulas que ofrece Harvard para los buques de arrastre en condición de navegación libre como es en este caso [4]:

$$w = 0,9 * \frac{B}{L} + \frac{3}{20} * (2\delta - 1)$$

$$t = w + 0,064$$

Donde:

B = Manga de trazado en metros (5,62 metros en el buque proyecto)

L = Eslora entre perpendiculares en metros (19,346 metros)

$\delta$  = Coeficiente de bloque (0,28)

Sustituyendo las incógnitas por los valores conocidos del buque proyecto, se obtiene:

$$w = 0,9 * \frac{5,62}{19,346} + \frac{3}{20} * (2 * 0,28 - 1) = 0,195$$

$$t = 0,195 + 0,064 = 0,26$$

Finalmente, el rendimiento del casco es:

$$\eta_H = \frac{1 - 0,26}{1 - 0,195} = 0,919$$

### 3.2.2 Rendimiento del propulsor en aguas libres

El rendimiento de la hélice en aguas libres se refiere al trabajo que realiza la hélice en caso de no interactuar con la carena, es decir, en un campo de estela homogéneo.

Este valor depende únicamente de la hélice, que se obtiene al ensayarlas en canales. Por la imposibilidad de ensayar la hélice del buque proyecto, se considerará como valor del rendimiento del propulsor en aguas libres por una hélice de paso fijo de 0,72 en condición de navegación libre.

### 3.2.3 Rendimiento rotativo relativo

El rendimiento rotativo relativo representa la diferencia de funcionamiento de la hélice detrás de una carena y en aguas libres. Se define como:

$$\eta_r = \frac{\eta_B}{\eta_0}$$

Donde:

$\eta_B$  y  $\eta_0$  representan la diferencia de par absorbido por la hélice.

$\eta_B$  = Rendimiento detrás de la carena

$\eta_0$  = Rendimiento propulsivo en aguas libres

Los valores normales de rendimiento rotativo relativo en un buque de 1 hélice oscila entre 1.0 y 1.1 [5]. Debido a las formas del buque con un comportamiento de pre-planing poco común en los buques de pesca de arrastre, se considera un valor de este rendimiento en 1.07 aunque la referencia 2 recomienda un valor de primera aproximación igual a la unidad.

Finalmente, con los datos conocidos se puede calcular el rendimiento cuasi-propulsivo:

$$\eta_D = \eta_H * \eta_R * \eta_o$$

$$\eta_D = 0,919 * 1.07 * 0,62 = 0,61$$

Y la potencia entregada a la hélice es:

$$\eta_D = \frac{EHP}{DHP}$$

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D}$$

$$DHP = \frac{331,37}{0,61} = 543,23 \text{ kW}$$

Luego, teniendo en cuenta un 15% de margen ya que el motor debe funcionar al 85% de su MCR.

$$DHP = 624,71 \text{ kW}$$

Este resultado es similar a los buques que navegan a 13 nudos en la base de datos, como este alcanza una velocidad de 14 nudos el valor de DHP es ligeramente superior.

### **3.3 Propulsor escogidos y sus características técnicas**

En conocimiento de la potencia que se debe instalar a bordo, se acuden a las página de los principales fabricantes de motores marinos: YANMAR, Caterpillar y Wärtsilä. No obstante, debido a la gran información que facilitan la marca YANMAR en sus catálogos y que es el único que ha respondido a las dudas de los motores, se escoge como catálogo de búsqueda de motores el de la marca YANMAR [6]. Llama la atención el motor de alta velocidad 6AYM-WGT, cuya potencia es de 670 kW y se describe por los fabricantes como un motor adecuado para los buques de pesca. Además, garantiza un buen funcionamiento en malas condiciones de mar, dispone de tecnología respetuosa con el medioambiente ya que los motores cumplen con los estándares de emisiones IMO TIER II y CCNR2, costes de mantenimiento bajos y un consumo de combustible bajo.

Se escogerá el motor mencionado ya que cumple con los valores mínimos de potencia entregada a la hélice.

Las características del motor son las siguientes [7]:

Modelo	6AYM-WGT
Potencia (kW)	670
Peso (t)	2.365
RPM motor	1938

Tabla 8. Características del motor

Juntamente con la información del motor, se ofrece la posibilidad de añadir una reductora cuya modelo es YXH-240. [7]

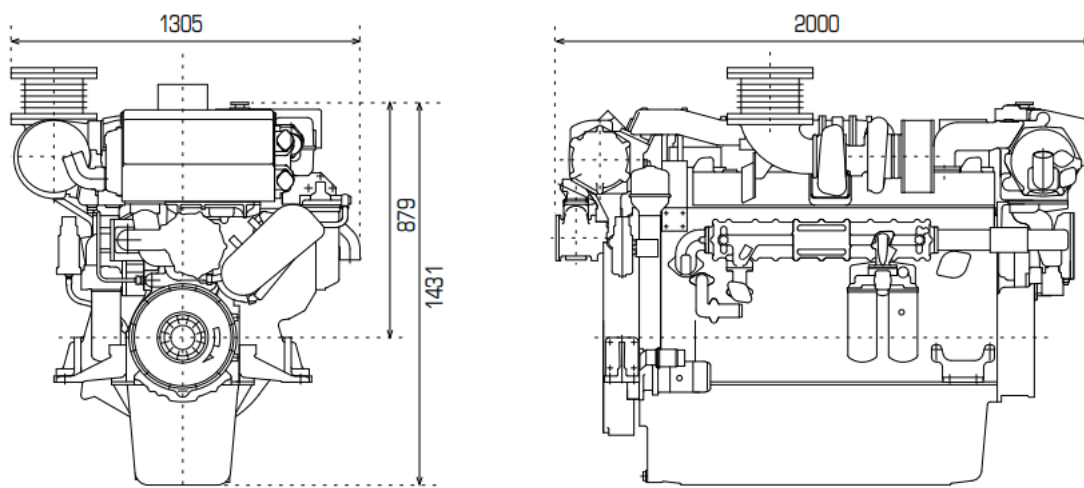


Figura 5. Dimensiones del motor

#### 4. Hélice

La hélices que se pueden disponer en un sistema de línea de ejes son por paso fijo o variable. Las hélices de paso fijo son más eficientes para una velocidad concreta de trabajo y una condición de carga en particular, estos factores los cumplen a la perfección los buques portacontenedores. Mientras que las hélices de paso variable son adecuadas para un amplio rango de velocidades y condiciones de carga, son más comunes en remolcadores, también aportan una buena maniobrabilidad y no necesitan de engranajes para invertir el sentido de giro del eje.

Como las hélices de paso fijo trabajan óptimamente en una condición, se debe estudiar cada caso en los buques de pesca de arrastre ya que se tendría que diseñar para una condición de servicio preferente, sea navegando o faenando. En caso de que el proyecto de la hélice se realice para la condición de navegación libre, en la condición de arrastre los ángulos de ataque sobre la pala y el par absorbido por la hélice se harán muy grandes debido a que la velocidad de avance es muy baja. Además, como el motor posiblemente no será capaz de suministrar ese

par, se le denomina a la hélice como pesada ya que el paso será superior al exigido para esa condición.

Otra opción es dimensionar la hélice para la condición de arrastre, y como sucede en el caso expuesto anteriormente, el funcionamiento de la hélice durante la navegación libre no será la más adecuada. Como el paso será pequeño, la hélice exigirá más rpm de la nominales del motor, considerándose como ligera.

Inicialmente, se diseñará la hélice para el trayecto puerto-caladero analizando los rendimiento en ambas condiciones, si es este valor es inferior al requerido se optará por instalar una hélice de paso variable o diseñar la hélice en la condición de arrastre.

En la misma hélice existe la posibilidad de instalar una tobera, esta acelera el flujo hacia la hélice, elimina los vórtices e incrementa el tiro considerablemente a velocidades bajas de avance, es común en buques de pesca y remolcadores.

Por otra parte, la eficiencia de la tobera será baja en un buque cuya velocidad en navegación libre es de 14 nudos, ya que el límite de velocidad en el que se considera eficiente es de 10 nudos [3]. Además, el remolque de la captura es de 150 kg diariamente con una media de 75 kg por lance, a diferencia de otros arrastreros cuya capacidad de captura para las mismas dimensiones es de toneladas y necesitan un empuje extra al tiro fijo. De forma que se rechaza la idea de instalar la tobera.

## **4.2 Número de palas**

Enfocado a buques de pesca de arrastre, en la referencia 5 se comenta que el número de pala que se suele tomar es de 3, 4 o 5; mientras que en la referencia 2 recomienda hélices con 3 o 4 palas. Hay que tener en cuenta que la hélice se comportará mejor cuantas menos palas tenga, pero la carga soportada será mayor favoreciendo la aparición de cavitación [13]. Se instalará una hélice de 4 palas.

### 4.3 Huelgos y diámetro

Con tal de aprovechar el máximo espacio posible para la hélice, se deben calcular los huelgos mínimos requeridos entre la hélice, codaste, timón y carena. Para ello se consulta a la Sociedad de Clasificación American Bureau of Shipping en la referencia 8 pero no existe información sobre huelgos para buques de plástico reforzado con fibra de vidrio. Sin embargo, la Sociedad de Clasificación Lloyd's Register facilita información de los huelgos mínimos en embarcaciones de composite en el documento "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft " de 2020, exactamente en la parte 3, capítulo 3 y sección 3.

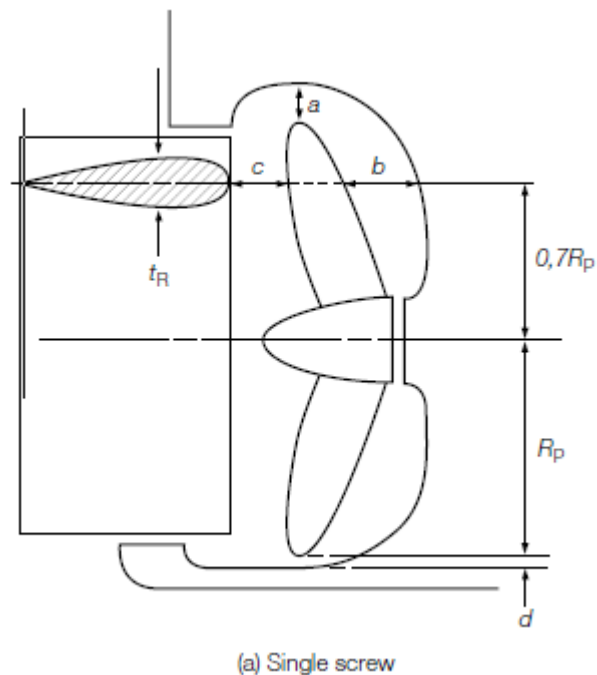


Figura 6. Huelgos mínimos por Lloyd's Register

Nº de palas	Huelgos mínimos para 1 hélice			
	a	b	c	d
3	1,20Kδ	1,80Kδ	0,12δ	0,03δ
4	1,00Kδ	1,50Kδ	0,12δ	0,03δ
5	0,85Kδ	1,275Kδ	0,12δ	0,03δ
6	0,75Kδ	1,125Kδ	0,12δ	0,03δ
Valor mínimo	0,10δ	0,15δ	tr	-

Tabla 9. Huelgos mínimos por Lloyd's Register

Donde:

$\delta$  = Diámetro de la hélice en metros

K = Expresión de la Lloyd's

$$K = \left(0,1 + \frac{L_R}{3050}\right) \left(\frac{3,48 * C_b * P_s}{L_R^2} + 0,3\right)$$

Fórmula 5. Parámetro K

C<sub>b</sub> es el coeficiente de bloque

P<sub>s</sub> es la potencia de diseño

$$K = \left(0,1 + \frac{19,346}{3050}\right) \left(\frac{3,48 * 0,28 * 670}{19,346^2} + 0,3\right) = 0,217$$

Huelgo mínimo en A:

$$a = 1,00 * K * \delta = 1 * 0,217 * \delta = 0,217\delta$$

Huelgo mínimo en B:

$$b = 1,50 * K * \delta = 1,5 * 0,217 * \delta = 0,325\delta$$

Huelgo mínimo en C:

$$c = 0,12\delta$$

Huelgo mínimo en D:

$$d = 0,03\delta$$

Con ayuda del plano en el programa Autocad se mide la altura total disponible para la hélice con huelgos, de forma que se puede calcular el diámetro máximo.

$$\text{Altura total} = \text{Huelgo } a + \text{Huelgo } d + \delta \text{ máx (Diámetro)}$$

$$\text{Altura total} = 0,217\delta + 0,03\delta + \delta = 2488 \text{ mm}$$

$$1,247\delta = 2857,4 \text{ mm}$$

$$\delta \text{ máximo disponible} = 2291,42 \text{ mm}$$

Por lo tanto, los huelgos son:

$$a = 497,22 \text{ mm}$$

$$b = 744,71 \text{ mm}$$

$$c = 274,97 \text{ mm}$$

$$d = 68,74 \text{ mm}$$

Finalmente, el diámetro máximo de la hélice es de 2291,42 mm.

#### 4.4 Relación área-disco

Escoger la relación  $A_D/A_0$  es el procedimiento de mayor importancia para evitar la cavitación, en todo momento se debe elegir la opción cuyo valor sea el menor posible pero sin existencia de cavitación peligrosa, ya que al aumentar la relación disminuye el rendimiento de la hélice.

Existen dos métodos para calcular la relación  $A_D/A_0$ , el de Burrill y el de Keller. En este caso se utilizará la expresión que propone Keller al experimentar en el Canal de Wageningen en Holanda.

$$\frac{A_D}{A_0} = \frac{(1,3 + 0,3Z) * T}{(P_0 - P_v) * D^2} + K$$

Donde:

Z = Número de palas

T = Empuje de la hélice en kg

$P_0$  = Presión estática en el eje

$P_v$  = Presión de vapor de agua a 15°C

$P_0 - P_v = 10100 + 1026 h \text{ Kg/m}^2$

h = Inmersión de la línea de ejes en metros (2,23)

D = diámetro de la hélice en metros (2,247)

K = Constante aditiva de seguridad, en este caso 0,20 al instalar 1 hélice.

La única variable no conocida es el empuje requerido, cuyo valor se puede calcular por la siguiente expresión:

$$T = \frac{R}{1 - t}$$

Donde:

R es la resistencia del buque a la velocidad de navegación

t es el coeficiente de succión



$$T = \frac{45,18}{1 - 0,26} = 61,05 \text{ kN} = 6230,01 \text{ kg}$$

De forma que la relación área-disco queda:

$$\frac{A_D}{A_0} = \frac{(1,3 + 0,3 * 4) * 6230,01}{(10100 + 1026 * 2,05) * 2,3^2} + 0,2 = 0,44$$

Este es el valor límite a partir del cual no presenta cavitación y además se encuentra en el rango propuesto en la referencia 2 para buques de pesca de arrastre, relación de área 0,4 a 0,7.

#### 4.5 Tipo de hélice y sus características

Se escoge la hélice en cuestión a partir de una serie sistemática, que es un conjunto de formas de hélices que se relacionan entre sí de forma geométrica y sistemática, que se han elegido para tener un rendimiento considerable y un buen comportamiento en cavitación, de las que se dispone además de resultados de ensayos de propulsor aislado.

La serie sistemática más utilizada es la Serie B de Wageningen, estas son hélices que se determinan por el número de palas y la relación de área/disco, en este caso la hélice adecuada es la 4,55B ya que el nº de palas es 4 y la relación de área/disco mínima es 0,44 y el valor inmediatamente superior es 0,55.

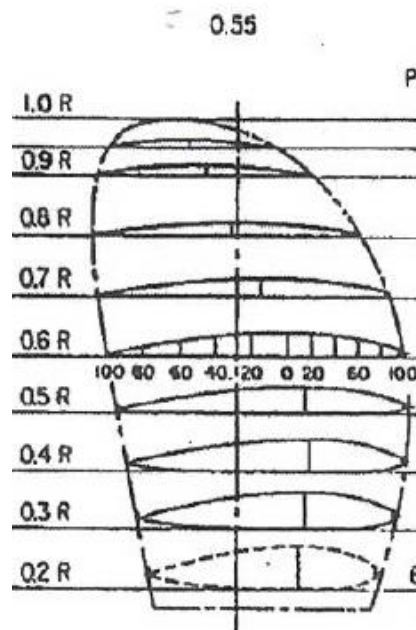


Figura 7. Hélice con una relación  $\frac{A_D}{A_0}$  de 0,55.

Para calcular el rendimiento de la hélice se deben establecer un rango de revoluciones donde se estime el máximo rendimiento y así calcular los parámetros de Bp,  $\delta$ , el rendimiento cuasi-propulsivo y DHP. Con los resultados se obtienen los rendimientos y relaciones paso-diámetro mediante los diagramas Bp- $\delta$  (Figura 8). Otra opción de cálculo del rendimiento de la hélice es utilizar los diagramas de propulsor aislado (Kt-J) y (Kq-J) en caso de que los valores de Bp salgan de los márgenes de los diagramas Bp- $\delta$ , recomendable al diseñar la hélice en condición de arrastre.

Los parámetros Bp y  $\delta$  se definen como:

$$Bp = \frac{N * \sqrt{DHP}}{V_A^{2,5}}$$

Fórmula 6. Parámetro Bp

Donde:

N = Revoluciones de la hélice

DHP = Potencia entregada al propulsor en CV

$V_A$  = Velocidad de avance

La velocidad de avance es una variable no conocida que se puede calcular por:

$$v_A = v * (1 - w)$$

Fórmula 7. Velocidad de avance

Donde:

v = Velocidad del buque en nudos

w = Coeficiente de estela

Al sustituir se obtiene:

$$v_A = 14 * (1 - 0,195) = 11,27 \text{ kn}$$

$$\delta = \frac{N * D}{v_A}$$

Fórmula 8. Parámetro  $\delta$

Donde:

N = Revoluciones de la hélice

D = Diámetro de la hélice; 7,37 pies.

Por otra parte, el rendimiento cuasi-propulsivo se estima a través de la fórmula experimental del Canal de Ensayos de El Pardo donde todas las variables son conocidas:

$$\eta_D = 0,943 - 0,000187 * N * \sqrt{L_{pp}} + 0,023 * \frac{B}{T} - 0,2 * C_B + 0,00013 * C_B * N * \sqrt{L_{pp}}$$

Fórmula 3. Expresión experimental del CEHIPAR

Y el DHP se obtiene en relación a la EHP y el rendimiento cuasi-propulsivo:

$$\eta_D = \frac{EHP}{DHP}$$

Fórmula 1. Rendimiento cuasi-propulsivo

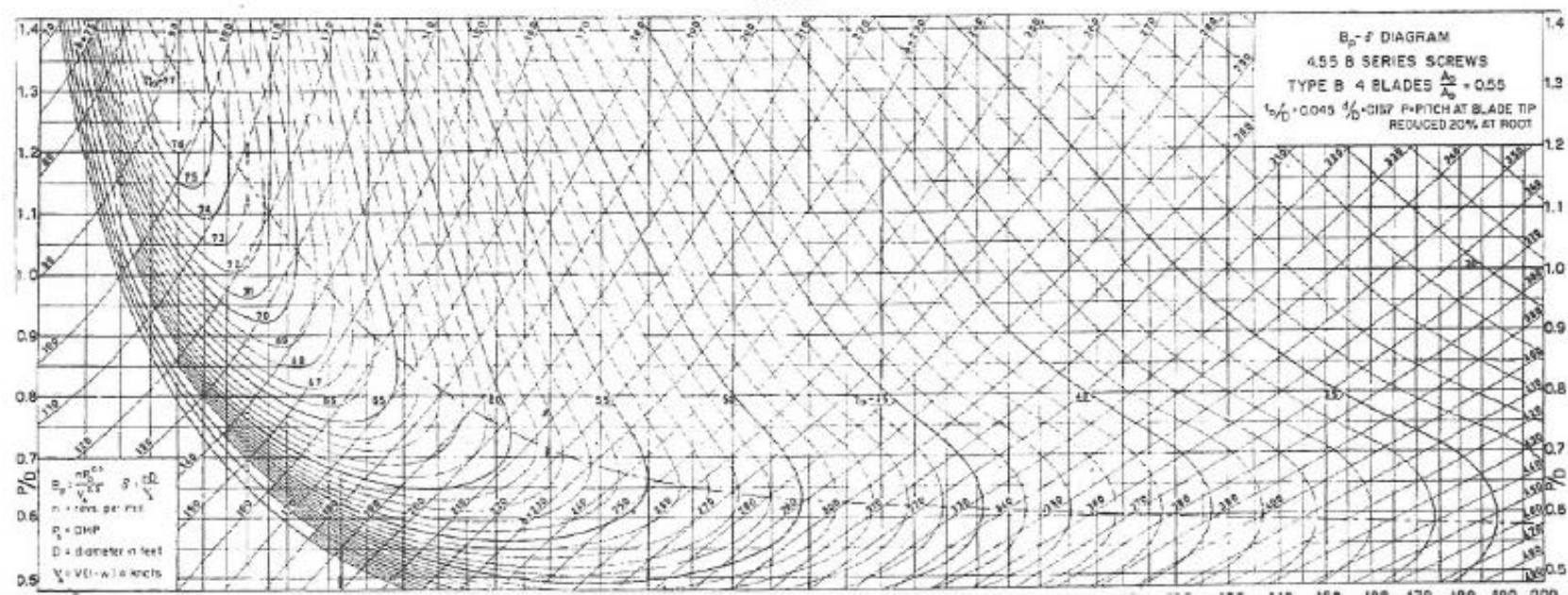


Figura 8. Gráfico de curvas  $B_p$ - $\delta$

Sustituyendo los valores en las fórmulas anteriores:

RPM	$\eta_D$	DHP (CV)	Bp	$\delta$	P/D	$\eta_0$
170	0,8252817	538,446447	9,25146242	113,326574	1,35	0,775
180	0,8186577	542,803178	9,83521608	119,992843	1,175	0,755
200	0,80540969	551,731628	11,0175276	133,325381	1,05	0,725
220	0,79216168	560,958715	12,2202008	146,65792	0,85	0,68
240	0,77891368	570,499676	13,4440201	159,990458	0,8	0,66
260	0,76566567	580,370804	14,6898153	173,322996	0,75	0,65
280	0,75241766	590,589539	15,958465	186,655534	0,67	0,64

Tabla 10. Resultados de rendimiento de la hélice

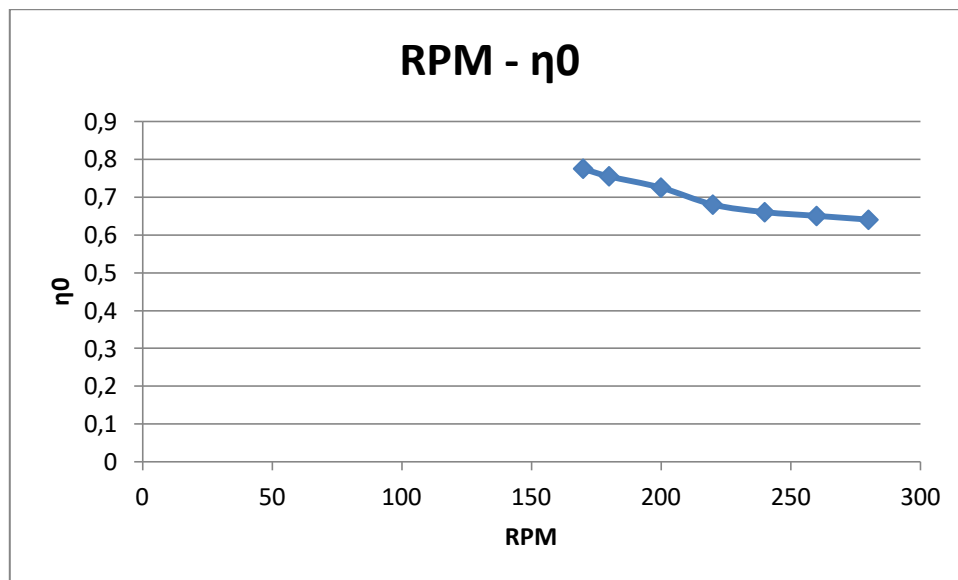


Figura 9. Resultados de rendimiento de la hélice

Como se puede observar, el rendimiento de la hélice se reduce a medida que las RPM aumentan, el valor de RPMs se ha escogido por las limitaciones de la figura (?) ya que para valores inferiores a 170 revoluciones no coincidían las curvas de Bp- $\delta$ . Por lo tanto, el empuje real de la hélice es:

$$T_r = \frac{DHP * 75 * \eta_0}{V_A}$$

$$T_r = \frac{538,44 * 75 * 0,775}{11,27 * 0,5144} = 6235,11 \text{ kg}$$

Mientras que el empuje requerido era de:

$$T = \frac{45,18}{1 - 0,26} = 61,05 \text{ kN} = 6230,01 \text{ kg}$$

El empuje proporcionado por la hélice es muy similar y superior al valor teórico, de forma que se considera adecuada.

Finalmente las características de la hélice son:

Concepto	resultado
Nº de palas (Z)	4
Diámetro del propulsor	2291,43 mm
Relación AD/A0	0,55
Rendimiento	0,775
RPM	170

Tabla 11. Características de la hélice

La reductora que se debe instalar acorde a las RPM óptimas de la hélice y el motor de la marca YANMAR, debe tener una relación 11 : 1.

#### 4.6 Rendimiento de la hélice para la condición de arrastre

Con motivo de conocer si es necesario instalar una hélice de paso variable, se estudiará el rendimiento de la hélice para la condición de arrastre y si se considera aceptable.

El rendimiento se puede calcular utilizando los diagramas  $K_t/J^2$ , donde  $K_t$  y  $J$  son parámetros calculables. Además, se utilizaría el gráfico de palas 4,45 B ya que es el más cercano para el valor obtenido en la relación de área-disco. Sin embargo, conociendo el número de revoluciones de la hélice se puede obtener el rendimiento de la misma con el coeficiente  $K_T$ .

$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D^4}$$

$$T = \frac{R}{1 - t}$$

$$T = \frac{37,03}{1 - 0,26} = 50,04 \text{ kN o } 5106,18 \text{ kg}$$

Donde:

T = empuje requerido

R = resistencia de avance en condición de arrastre

t = coeficiente de succión

D = Diámetro de la hélice

n = Número de revoluciones

$\rho$  = Densidad del agua de mar

$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D^4}$$
$$K_T = \frac{5106,18 * 9,81}{1025 * \left(\frac{170}{60}\right)^2 * 2,291^4} = 0,22$$

En la referencia 2, exactamente página 15, se comenta que es habitual que las hélices en condición de arrastre con 3 o 4 palas y relaciones de área entre 0,4 y 0,7; tienen un rendimiento que oscila entre 0,23 y 0,34, rango al que se aproxima la hélice del buque proyecto.

El empuje que desarrollará la hélice bajo las mismas condiciones que en navegación libre será de:

$$T_r = \frac{DHP * 75 * \eta_0}{V_A}$$

$$v_A = 3,5 * (1 - 0,195) = 2,82 \text{ kn}$$

$$T_r = \frac{538,44 * 75 * 0,22}{2,82 * 0,5144} = 6124,51 \text{ kg}$$

El empuje que ofrece el motor es superior al requerido en la condición de arrastre. El motor trabajará al 73% y 85% de su capacidad en las condiciones de arrastre y navegación libre respectivamente, estos porcentajes garantizan que el motor trabajará en el mismo régimen, factor relevante en los motores para evitar la rotura del mismo.

Por lo tanto, no es necesario instalar una hélice de paso variable ya que los empujes que se obtienen en ambas condiciones se consideran adecuados. Además, añadiendo un 15% al DHP calculado para la situación crítica en navegación libre, se confirma que el motor YANMAR es una buena opción.

$$DHP_{15\% \text{ extra}} = 610,206$$

## **5. Timón**

### **5.1 Introducción**

El timón es el elemento principal de gobierno de un buque, capaz de modificar la dirección de rumbo al generar un momento con el chorro de agua que impulsa la hélice. Para que el timón a instalar ofrezca unos buenos resultados debe cumplir con:

- Debe dar la misma fuerza en ambas direcciones, es decir, el perfil del timón tiene que ser simétrico desde el plano longitudinal.
- Se debe situar en el chorro que impulse la hélice.
- Ofrecer el máximo momento de giro posible.

Por lo tanto, la principal función del timón es aportar una buena maniobrabilidad, esta característica está influenciada por tres fuerzas: Exteriores como las olas o corrientes, hidrodinámicas y las que actúan sobre el timón. Generalmente, la única variable con la que se puede trabajar es la fuerza que actúa en el timón, ya que las fuerzas hidrodinámicas que dependen de la carena están diseñadas principalmente para tener una menor resistencia al avance.

Se puede evaluar la maniobrabilidad del buque según varios criterios:

- Facilidad de evolución: Se define como la capacidad de cambiar bruscamente la trayectoria en un espacio reducido.
- Facilidad de gobierno: Capacidad de mantener el buque en la ruta actuando lo menos posible en el timón.
- Facilidad de cambio de rumbo: Capacidad del buque para cambiar de rumbo en el menor espacio y lo más rápido posible.

Los buques pesqueros faenan en condiciones que requieren una gran capacidad de maniobra y deben obtener buenos resultados en las capacidades de maniobra mencionadas anteriormente.

### **5.2 Tipo de timón**

Generalmente, en los buques de pesca de arrastre de gamba roja se instalan timones compensados con opción a talón de codaste. En este caso, se dispondrá de un timón compensado con talón de codaste.



### 5.3 Características del timón

Las formas del timón se definen por los siguientes parámetros:

- Altura (h)
- Cuerda media (c)
- Espesor (t)
- Relación de espesor (T): Relaciona el espesor máximo del perfil con la cuerda (t/c)
- Relación de alargamiento ( $\lambda$ ): Relaciona la altura del timón con la cuerda media (h/c)
- Área del timón ( $A_r$ )
- Ángulo de desprendimiento ( $\delta_s$ )
- Relación de compensación: Cociente entre el área que se sitúa a proa del eje de giro y el área total móvil

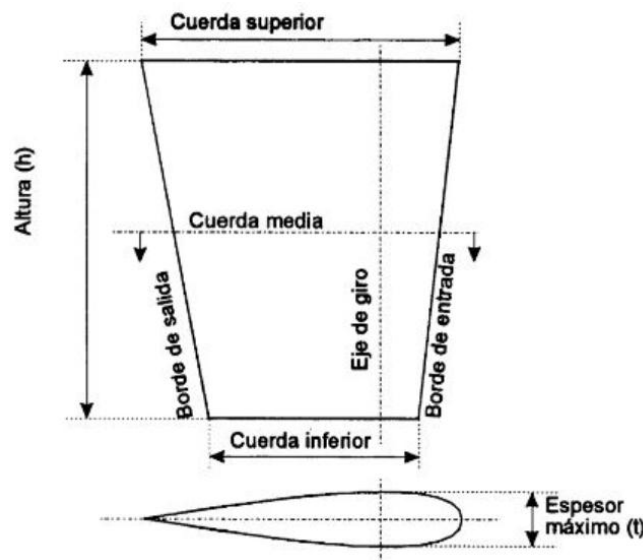


Figura 10. Parámetros del timón I

**Altura del timón:** Se define a partir de la altura del vano del codaste medido en la perpendicular de popa. Existen varios huelgos que limitan la altura, siendo desde el canto alto del timón y la bovedilla un mínimo del 6% de altura del codaste; y la separación entre el talón y el canto bajo del timón es de al menos un 8% de la altura del codaste.

La altura del timón se expresa como:

$$h_{m\acute{a}x} = H - 0,08H - 0,06H$$

Donde la altura máxima disponible (H) es de 3,03 metros.

$$h_{m\acute{a}x} = 3,03 - 0,08 * 3,03 - 0,06 * 3,03 = 2,60 \text{ metros}$$

**Área del timón:** Según Saunders, el área del timón en buques pesqueros varía entre un 2,5% y un 4% y se calcula en función del área de deriva. En buques pesqueros arrastreros es común estimar este valor en un 2,9%:

$$A_R = 0,029 * A_{der} = 0,029 * L_{pp} * T = 0,029 * 19,346 * 2,54 = 1,42 \text{ m}^2$$

**Cuerda media:** La valor de la cuerda se calcula a partir del área del timón y su altura:

$$c = \frac{A_R}{h} = \frac{1,42}{2,60} = 0,55 \text{ m}$$

**Relación de alargamiento:** Según el profesor Barquero de la Universidad Politécnica de Madrid, recomienda timones alargados para ejercer una mayor fuerza que un timón con un valor de cuerda elevado. Se calcula como:

$$\lambda = \frac{h}{c} = \frac{2,46}{0,55} = 4,47$$

**Ángulo de desprendimiento:**

Este valor se debe situar por encima de los 35º y se obtiene a través de la fórmula de Barquero:

$$\delta_s = 7,11 * \left(1 + 7 * \frac{t}{c}\right) * \left(1 + \frac{1,25}{\lambda}\right) * \left(1 + 0,048 * \sqrt{\ln\left(1 + 8 * \frac{K_T}{\pi J^2}\right)}\right) * \frac{h}{D}$$

Donde:

t/c = Relación de espesores

$\lambda$  = Relación de alargamiento

h = Altura del timón

D = Diámetro de la hélice

$K_T/J^2$  = Coeficiente de carga de la hélice

$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D^4} = \frac{6235,11 * 9,81}{1025 * \left(\frac{170}{60}\right)^2 * 2,291^4} = 0,2698$$

$$J = \frac{v_A}{n * D} = \frac{11,27}{\left(\frac{170}{60}\right) * 2,291} = 1,7362$$

n = RPS de la hélice

Finalmente, se realiza una tabla sustituyendo los valores conocidos. Luego, la relación de espesores se determinará cuando el ángulo de desprendimiento supere los 35°, este es un requerimiento de maniobrabilidad [14]:

t/c	$\delta$
0,28	29,6629073
0,29	30,364395
0,3	31,0658826
0,31	31,7673703
0,32	32,468858
0,33	33,1703456
0,34	33,8718333
0,35	34,573321
0,36	35,2748087

Tabla 12. Requerimientos de maniobrabilidad

Parámetros definitivos del timón:

Parámetros del timón	Resultado
Altura	2,60 m
Área mínima	1,42 m <sup>2</sup>
Cuerda media	0,55 m
Relación de alargamiento	4,47
Relación de espesor	0,36
Ángulo de desprendimiento	35,27 °

Tabla 13. Parámetros del timón

#### 5.4 Requisitos demandados al timón

Siguiendo la guía de maniobrabilidad del buque de la Sociedad de Clasificación ABS y los estándares de maniobrabilidad de buques de la Organización Marítima Internacional, OMI, se explica que los requisitos de maniobrabilidad aplican solamente a buques a partir de 100 metros de eslora.[13][14]

## 6. Potencia del servomotor

Según la normativa de equipamiento y construcción del casco de la ABS, exactamente en la sección 14, la fuerza del timón se expresa como [14]:

$$C_R = n * k_R * k_c * k_t * A * V_R^2$$

Donde:

n = Constante cuyo valor es 0,132.

$k_R$  se expresa como:

$$k_R = \frac{\frac{b^2}{A} + 2}{3}$$

Donde b es la altura del timón y A es el área del timón

$K_c$  es una constante que depende del perfil del timón, en este caso es un NACA-00 Göttingen cuyo coeficiente son 1,1 en adelante y 0,8 cuando, se encuentran estos valores en la tabla 1, en el punto 3.5 del mismo documento.

$K_t$  es una constante que depende del tipo de timón, se encuentra en la tabla 2, en el punto 5.3 del mismo documento. En este caso el valor es 1.

$V_R$  es la velocidad del buque en nudos.

Conociendo todos los valores se sustituye y se obtiene:

$$k_R = \frac{\frac{2,6^2}{1,42} + 2}{3} = 2,25$$

$$C_R(avante) = 0,132 * 2,25 * 1,1 * 1 * 1,42 * 14^2 = 90,92 \text{ kN}$$

$$C_R(ciendo) = 0,132 * 2,25 * 0,8 * 1 * 1,42 * 7^2 = 16,53 \text{ kN}$$

En cambio, el par en el timón se calcula como:

$$Q_R = C_R * r$$

Donde:

$C_R$  = la fuerza del timón calculada previamente

r = brazo que se calcula como:

$$r = c\left(\alpha - \frac{A_f}{A}\right)$$

Donde:

$\alpha$  = Coeficiente de la tabla 3 en el mismo documento que depende de las características del timón, en este caso al no ser un timón compensado, en condición de avance  $\alpha = 0,33$  y en ciando  $\alpha = 0,66$ .

$c$  = valor que depende de la posición de los extremos del timón, se calcula de la siguiente forma:

$$c = \frac{x_3 + x_2 - x_1 - x_4}{2}$$

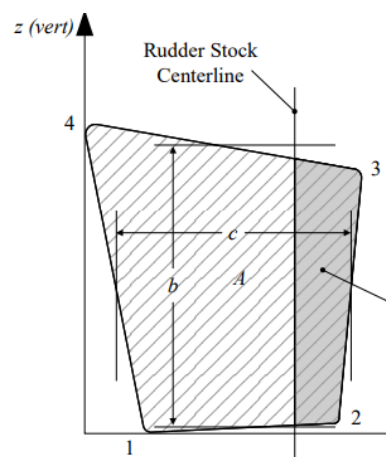


Figura 11. Parámetros del timón II

En este caso es:

$$c = \frac{0,86 + 0,72 - 0,2}{2} = 0,69$$

$A_f$  = Área del timón a proa de la caña del timón, que considerando un 0,25 de relación de compensación, supone un 25% del área total.

$A$  = Área total del timón

Finalmente se sustituyen los valores conocidos:

$$r(avante) = 0,69 * \left(0,33 - \frac{0,25 * 1,42}{1,42}\right) = 0,05 \text{ m}$$

$$r(ciando) = 0,69 * \left(0,66 - \frac{0,25 * 1,42}{1,42}\right) = 0,3 \text{ m}$$

Este valor no debe ser menor que:

$$r = 0,1 * c = 0,1 * 0,69 = 0,069$$

Por lo tanto, r en avante es 0,069 m.

Finalmente, el par en el timón es de:

$$Q_R(avante) = C_R * r$$

$$Q_R(avante) = 90,92 * 0,069 = 6,2735 \text{ kN} * m$$

$$Q_R(ciendo) = C_R * r$$

$$Q_R(ciendo) = 16,53 * 0,3 = 4,959 \text{ kN} * m$$

Además, el servomotor debe ser capaz de mover la pala de 35º de una banda hasta los 30º de la banda contraria en 28 segundos. Por lo tanto, la velocidad angular es:

$$w = \frac{30 + 35}{28} * \frac{\pi}{180} = 0,0452 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Entonces, la potencia es:

$$P = Q_{R \text{ medio}} * w = \frac{6,2735 + 4,959}{2} * 0,0452 = 0,2538 \text{ kW}$$

Se considera que la bomba de accionamiento del servo tiene un rendimiento del 65%, por lo tanto la potencia necesario para el timón es de:

$$P_f = \frac{P}{0,65} = \frac{0,2538}{0,65} = 0,39 \text{ kW o } 390,545 \text{ W}$$

## Bibliografía

- [1] UPC. Fábregas Claramunt, Ignacio. «Estudio sobre métodos de predicción de resistencia al avance », 2018.
- [2] Santarelli , F., M., y Nuñez, B., J.,. «Consideraciones acerca del sistema de propulsor de arrastreros en función del arte de pesca », 1981.
- [3] Carlton, J., «Marine Propellers and Propulsion» , 2012.
- [4] Harvald, «Wake Merchant Ships».
- [5] Vaquero, A., «Introducción a la resistencia y propulsión del buque», 2011.
- [6] YANMAR. Catálogo de productos. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.yanmarmarine.eu/Products/>
- [7] YANMAR. Características del motor 6AYM-WGT. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.yanmarmarine.eu/theme/yanmarportal/uploadedFiles/Marine/productDownloads/Commercial-datasheet/6148-Datasheet-6AYM-WGT.pdf>
- [8] American Bureau of Shipping, « *Rules for Building and Classing Reinforced Plastic Vessels* » , 1978.
- [9] American Bureau of Shipping, «*Part 3*», Hull structural design, Edition July 2014.
- [10] UPC. Apuntes del profesor Julián Sánchez Sánchez en *Explotación de recursos marinos*, 2019.
- [11] «A calculation Method for Matching Trawl Gear for Towing Power of Trawlers» - Modern Fishing Gear of the World 3. Londres, 1971.
- [12] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. « *Descripción de las artes y métodos de pesca*». [Consultado el 20/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.fao.org/3/s7088s/S7088S03.htm>
- [13] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. «*Hélice*». [Consultado el 20/07/2020]  
  
Disponible en:

<http://www.fao.org/3/x0487s/x0487s05.htm>

- [14] American Bureau of Shipping, « *Vessel maneuverability* », 2006.
- [15] Organización Marítima Internacional. «Estándar de maniobrabilidad», 2002.

Disponible en:

<https://www.register-iri.com/wp-content/uploads/MSC.1-Circ.1053.pdf>



# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 6**

### **Planta propulsora y cámara de máquinas**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía



# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
LISTA DE FIGURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
LISTA DE TABLAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

## **1. INTRODUCCIÓN** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

## **2. PLANTA PROPULSORA: GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.1 INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2 PLANTA PROPULSORA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3 PLANTA GENERADORA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS EN LA ACTUALIDAD	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

## **3. SISTEMAS QUE DAN SERVICIO EN CÁMARA DE MÁQUINAS** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2 SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN DE GASES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1 MOTOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.2 GENERADOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.2 GENERADOR SECUNDARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.3 GENERADOR DE EMERGENCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.4 TANQUE DE ACEITE HIDRÁULICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.1 MOTOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.2 GENERADOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.3 GENERADOR SECUNDARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.4 GENERADOR EMERGENCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5 ARRANQUE DE LOS EQUIPOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.1 MOTOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.2 GENERADOR PRINCIPAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.3 GENERADOR SECUNDARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.4 GENERADOR EMERGENCIAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.6 SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS EN LA CÁMARA DE MÁQUINAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.7 SISTEMA DE VENTILACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.8 SISTEMA DE SENTINAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.8.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE SENTINAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.8.2 CAPACIDAD DE LAS BOMBAS DE SENTINAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**4 PLANO DE CÁMARA DE MÁQUINAS** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**BIBLIOGRAFÍA** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**ANEXO 1. MANUAL DE OPERACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**ANEXO 2. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL GENERADOR PRINCIPAL** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**ANEXO 3. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL GENERADOR SECUNDARIO** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**ANEXO 4. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL GENERADOR DE EMERGENCIA** ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. GRÁFICOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR .....</b>	<b>3</b>
<b>FIGURA 2. CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE .....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 3. CIRCUITO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE .....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 4. SISTEMA DE GASES DE ESCAPE .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 5. NIVEL DEL COLECTOR DE ACEITE .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 6. TAPÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 7. NIVEL DE LLENADO DEL REFRIGERANTE.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 8. ENTRADA DEL CIRCUITO DE AGUA SALADA CON LA BOMBA DE AGUA DE MAR ...</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 9. TANQUE DE SENTINAS RECTANGULAR .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 10. TANQUE DE SENTINAS TRIANGULAR .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 11. PLANO DE CÁMARA DE MÁQUINAS .....</b>	<b>27</b>

## Lista de tablas

<b><u>TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR YANMAR .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA HÉLICE.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>TABLA 3. CONSUMO DEL GRUPO GENERADOR PRINCIPAL SEGÚN LA POTENCIA .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>TABLA 4. AUTONOMÍA DEL GENERADOR PRINCIPAL .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>TABLA 5. POTENCIA UTILIZADA POR ACTIVIDAD .....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>TABLA 6. CAPACIDAD DE CADA TANQUE DE COMBUSTIBLE.....</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>TABLA 7. CANTIDAD DE AISLANTE TÉRMICO .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE PARA EL MOTOR .....</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>TABLA 9. REQUERIMIENTOS SEGÚN EL CAUDAL DE LAS MAQUINILLAS .....</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b><u>TABLA 10. PROPIEDADES DEL AGUA COMO REFRIGERANTE .....</u></b>	<b><u>19</u></b>





## **1. Introduc ción**

En este cuadernillo se van a definir las dimensiones de la planta propulsora y generadora, además de los servicios y elementos que se van a encontrar en ese mismo espacio. En el pasado cuaderno, se escogió un motor Diesel que compartirá lugar con tres generadores, uno de ellos de emergencia, estos suministrarán energía eléctrica a los servicios y equipos del buque.

El análisis de consumos de los equipos y servicios a instalar para las distintas situaciones operativas es una acción indispensable para seleccionar adecuadamente el grupo electrógeno y así dimensionar la cámara de máquinas.

Tal y como se ha comentado en los anteriores cuadernos, toda decisión que determine los aspectos anteriores debe cumplir con la normativa de la Sociedad de Clasificación ABS y el Real Decreto 543/2007.

## **2. Planta propulsora: Generador de energía eléctrica**

### **2.1 Introducción**

La función de este equipo es la de suministrar la energía mecánica requerida para propulsar el buque a la velocidad prevista por el armador. Al ser tan elevada y poco frecuente en buques de pesca de gamba roja, se instalará un motor de potencia superior a la mostrada en la base de datos de los buques de pesca de gamba roja de España en el Mar Mediterráneo.

### **2.2 Planta propulsora**

#### **2.2.1 Motor propulsor**

En el cuaderno anterior, se definió el motor a instalar conociendo la potencia entregada a la hélice en la condición de navegación libre a una velocidad de 14 nudos. El motor en cuestión es de 4 tiempos y funciona con gasoil B, considerado como ligero ya que la densidad es de  $850 \text{ kg/m}^3$ . Además, el gasoil B es un combustible común en los barcos dedicados al sector pesquero.

Como se comentó en el pasado cuaderno, el motor debía cumplir con la potencia necesaria en ambas situaciones. Para ello, se eligió finalmente el motor de la marca YANMAR 6AYM-WGT de 670 kW y 6 cilindros a 1938 rpm. El método de arranque es por motor eléctrico de 24 V.

Las características del motor son las siguientes:

YANMAR 6AYM-WGT	
Potencia	670 kW
Diámetro del cilindro	155 mm
Carrera	180 mm
RPM	1938
Peso	2365 kg
Dimensiones (L x W x H)	2000 x 1305 x 1431

Tabla 1. Características del motor YANMAR

Los gráficos de funcionamiento del motor son:

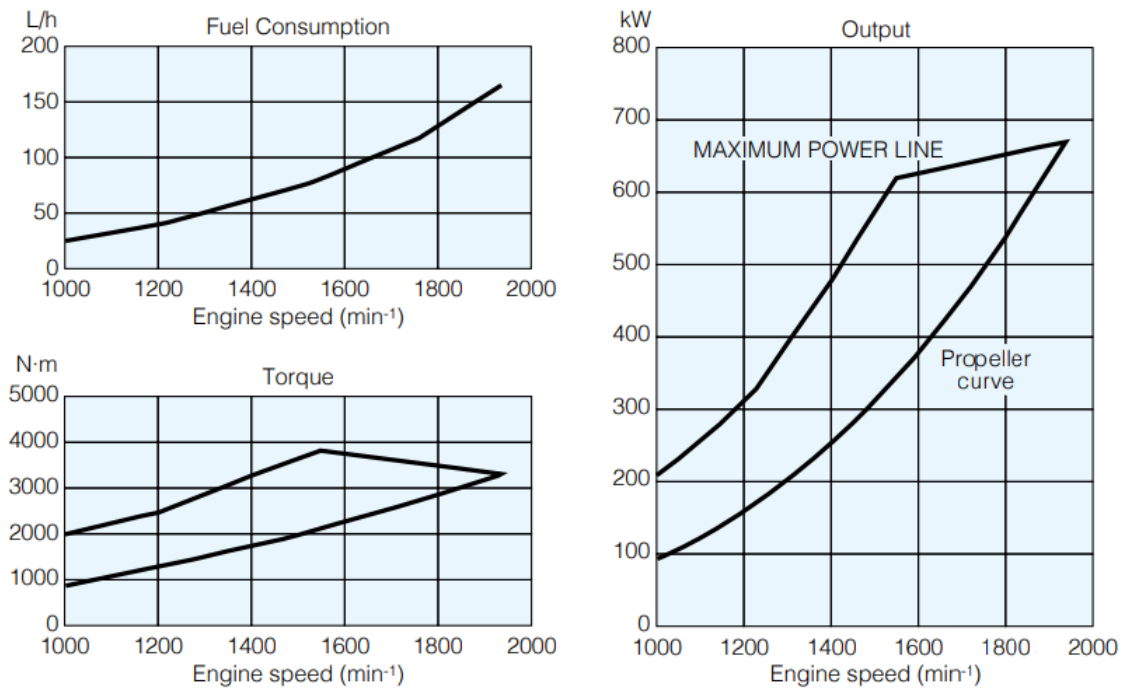


Figura 1. Gráficos de funcionamiento del motor

### 2.2.2 Reductora

En el cuaderno 5 se determinó que la reductora que se debe instalar ha de tener una relación 11:1, ya que las revoluciones óptimas de la hélice son de 170 RPMs. Además, debe tener la capacidad de invertir el sentido de giro para que el buque pueda ir marcha atrás.

### 2.2.3 Línea de ejes

La línea de ejes será de una aleación de acero y el diámetro del eje de propulsión se calcula según la siguiente fórmula [1]:

$$D = 100 * K * \sqrt[3]{\frac{H}{R} * \left(\frac{C_1}{U + C_2}\right)} \quad (mm)$$

Donde:

K = Constante que depende del tipo de eje y el motor instalado, en este caso este valor es igual a 1,1

H = Potencia del motor en kW (670 kW)

R = RPM de salida (170 RPM)

C<sub>1</sub> = Constante cuyo valor es 560

C<sub>2</sub> = Constante cuyo valor es 160

U = Valor mínimo de resistencia máxima a la tracción del material del eje. En este caso al ser una aleación de acero, este valor está facilitado en el mismo documento [1], siendo de 800 N/mm<sup>2</sup>.

Sustituyendo los valores conocidos:

$$D = 100 * K * \sqrt[3]{\frac{H}{R} * \left(\frac{C_1}{U + C_2}\right)}$$

$$D = 100 * 1,1 * \sqrt[3]{\frac{670}{170} * \left(\frac{560}{800 + 160}\right)} = 145,18 \text{ mm}$$

El diámetro de la línea de ejes será de 146 mm.

#### 2.2.4 Hélice

De igual forma que los elementos anteriores, la hélice se calculó y dimensionó en base a las necesidades del buque. Las características principales son:

Concepto	resultado
Nº de palas (Z)	4
Diámetro del propulsor	2291,43 mm
Relación AD/A0	0,55
Rendimiento	0,775
RPM	170

Tabla 2. Características de la hélice

El material de la hélice será de bronce.

#### 2.3 Planta generadora

La función de este equipo es la de generar y suministrar energía eléctrica a los equipos y servicios del buque según lo requieran para que puedan realizar sus funciones sin problemas. Para generar esta energía se deben instalar varios generadores. Como en este punto del trabajo se desconoce el consumo energético de los equipos del buque, no es posible escoger un generador que se ajuste a la demanda energética.

Sin embargo, en avance al cuaderno 8 se conoce que el generador principal a instalar es de la marca INMESOL, formado por un motor de la marca VOLVO y un alternador de la marca STAMFORD, modelo IV-770 con una capacidad de 700 kVA. El grupo electrógeno gira a 1500 RPM y la energía eléctrica producida por el alternador será corriente alterna trifásica de 380 V y 50 Hz.

El generador secundario es de la marca YANMAR y modelo YEG750DTLS, este modelo en particular tiene una protección que lo envuelve (Silent type) donde contiene todos los sistemas y disminuye la contaminación acústica, propia de los grupos electrógenos de grandes dimensiones. Tiene una capacidad de 62 kVa, gira a 1500 revoluciones y distribuye la corriente eléctrica en alterna trifásica de 380 V a 50 Hz.

Por otra parte, el generador de emergencia tiene una capacidad de 45 kVA, es de la marca YANMAR y modelo YH550DTLS. Gira a 1500 rpm y alimentará la red con corriente alterna trifásica a 380 V y 50 Hz.

La diferencia en potencia aparente entre el generador principal y el generador secundario se debe principalmente al alto consumo de los motores eléctricos de las maquinillas. En las situaciones de virado y recogida del aparejo estarán en funcionamiento las maquinillas de malleta y cable, por lo que se requerirán los servicios del generador principal. Mientras que en el resto de las operaciones de pesca, aproximadamente 10 de las 12 horas de jornada diaria, estará en funcionamiento el generador secundario para abastecer de energía eléctrica a los servicios y equipos que lo requieran.

### **2.3.1 Características de los equipos en la actualidad**

Actualmente, se pretende evitar en la medida de lo posible el sobredimensionamiento de los sistemas. En cámara de máquinas en particular, es común la presencia de grandes cantidades de tuberías o tanques; con la intención de evitar ese gran entramado de elementos de acero, los generadores y motores ya disponen por sí mismos de circuitos internos de refrigeración, aceite y combustible; en algunos casos como el motor principal, ya disponen de bombas de agua salada para realizar el intercambio de calor solamente conectando el grifo de fondo con la entrada de agua salada del motor. Todos estos circuitos ya presentan sus propios depósitos e instrucciones de uso.

Este fenómeno también sucede ya que la descentralización de los servicios favorece el mantenimiento por los fabricantes y estos a su vez ofrecen garantías, factor que beneficia mutuamente a los fabricantes y a los armadores.

## **3. Sistemas que dan servicio en cámara de máquinas**

### **3.1 Sistema de combustible**

En el buque proyecto, el sistema de combustible tiene como función la de almacenar y suministrar el combustible que usará el motor durante las operaciones de pesca. Como bien se comentó previamente, el tipo de combustible para el motor diesel será de tipo B, no puede ser otro tipo de combustible como gasolina o queroseno porque puede causar un incendio [2]. Al no ser un combustible pesado, no requiere un sistema de precalentamiento, calefacción o purificadora. Además, el sistema de inyección de combustible no puede usar combustibles con agua o residuos, por lo que las características del combustible deben ser:

Viscosity	at 50 °C	mm <sup>2</sup> /s	3 - 8
Property critical value	Specific gravity at 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	< 0.86
	Flash point	°C	> 60
	Residual carbon	mass. %	< 0.7
	Sulfur content	mass. %	< 1.0
	Ash content	mass. %	< 0.03
	Moisture content	vol. %	< 0.1
	Vanadium	ppm	–
	Sodium	ppm	–
	Aluminum	ppm	–
Diesel index			(Cetane no. of ≥ 45)
Quality criteria equivalent fuel oil		ASTM D975	2D
		BS-2869	Class B1
		ISO 8217	DMX
		EN	590

Figura 2. Características del combustible

Los principales elementos a instalar son [2]:

- Bombas de trasiego: Su función es permitir la circulación del combustible por el sistema y mantener la presión requerida para que las bombas de inyección funcionen correctamente. Conectarán los tanques con el motor principal, generador principal y generador secundario.
- Válvulas mariposa: Permiten el paso del combustible de los tanques de combustible hasta el motor pasando por la bomba de trasiego.
- Tanques de almacén del combustible: Almacenan el combustible necesario durante las operaciones de pesca.
- Separador de combustible y agua: En los documentos del motor se insiste en la importancia de utilizar combustible sin mezcla de agua, por eso se debe separar en una primera acción antes de llegar al motor.
- Filtro de combustible: De igual forma que en el separador, el combustible no debe presentar residuos, por lo que se filtra antes de su uso para que adquiera las características requeridas por el fabricante.



El sistema de combustible está representado de la siguiente manera:

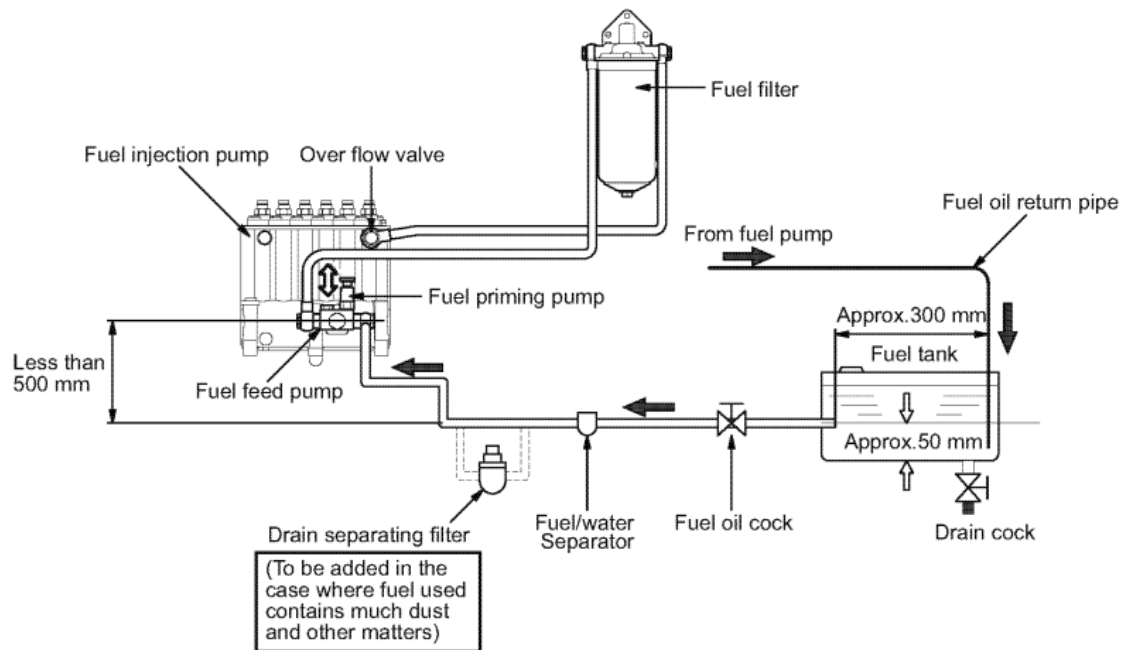


Figura 3. Circuito del sistema de combustible

Según el convenio MARPOL 73/78, al ser un buque de arqueo bruto inferior a 400 toneladas, no requiere de equipo filtrador de hidrocarburos. No obstante, por recomendación del fabricante se instalará de igual forma.

### 3.1.1 Tanques de combustible

#### 3.1.1.1 Motor principal

Conociendo los tiempos de trabajo, la ruta a emplear y el consumo del motor instalado a bordo, es posible calcular el combustible necesario diariamente.

En el apartado 1.6 del cuaderno 1 se determinó que la ruta puerto-caladero que iba a realizar el buque diariamente es de 22 millas náuticas, correspondiente a la distancia desde el puerto de Palamós al caladero de Llevant. Luego, la velocidad que debe alcanzar el buque como condición de proyecto en el trayecto es de 14 nudos, mientras que la velocidad de arrastre para la captura de gamba roja es de 3,5 nudos.

$$\text{Tiempo trayecto} = \frac{\text{Distancia}}{\text{velocidad}}$$

$$\text{Tiempo trayecto total} = 2 * \frac{22}{14} = 3,14 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo trayecto ida o vuelta} = \frac{22}{14} = 1,57 \text{ horas}$$

El jornada diaria de pesca de gamba roja es de 12 horas, por lo que conociendo el tiempo de trayecto al caladero, se puede calcular el tiempo en arrastre.

$$\text{Tiempo total} = \text{Tiempo trayecto total} + \text{Tiempo arrastre} = 12 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo arrastre} = 12 - 3,14 = 8,86 \text{ horas}$$

Como se determinó en el cuaderno 1, el lance promedio de los aparejos es de dos en la operación de pesca diaria, por lo que cada 4,43 horas se recogen las redes.

$$\text{Tiempo arrastre} = 2 * \text{lances} = 8,86 \text{ horas}$$

$$\text{Lance} = 4,43 \text{ horas}$$

Por lo tanto el horario de trabajo del buque es de 6 AM - 6 PM; llegando previamente a la subasta de la lonja. De 6 AM hasta las 7:35 AM el buque se encuentra navegando a 14 nudos hasta la llegada al caladero, luego suelta el aparejo y arrastra a 3,5 nudos desde las 7:35 AM hasta las 12:01 AM que se recogen las redes. Mientras se clasifican las gambas según el tamaño, se lanzan las redes para ejecutar el segundo tramo de arrastre, cuya duración es exactamente igual que la anterior, por lo tanto se recogerán nuevamente las redes a las 16:27 PM. Finalmente, el buque vuelve a puerto desde las 16:27 PM hasta las 18:00 PM.

Como se observó en el cuaderno 5, el motor funciona al 73% y 85% en arrastre y navegación libre respectivamente.

Luego, al haberse escogido el motor YANMAR 6AYM-WGT, su consumo al 85% de su MCR es de 95,24 Litros/hora con 1647 RPM y al 73% de su MCR es de 83,67 Litros/hora con 1600 RPM. Por otra parte, sabiendo que la densidad del gasoil B es de 0,85 ton/m<sup>3</sup> se puede calcular el combustible que se requiere en un día de trabajo.

Consumo combustible arrastre = consumo al 85% MCR \* Horas de trabajo a esa potencia

$$\text{Consumo combustible arrastre} = 95,24 \frac{\text{Litros}}{\text{hora}} * 8,86 = 843,83 \text{ litros}$$

$$\text{Consumo combustible n. libre} = 83,67 \frac{\text{Litros}}{\text{hora}} * 3,14 = 262,72 \text{ litros}$$

$$\text{Consumo combustible total} = 1106,5 \text{ litros}$$

Con el objetivo de evitar ir a repostar diariamente, se aumentará este valor a 4 días útiles:

$$\text{Consumo combustible 4 días} = 4 * 1106,5 = 4426 \text{ litros} \approx 4,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso consumo combustible semanal} = 4,5 \text{ m}^3 * 0,85 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 3,825 \text{ toneladas}$$

No se añade un porcentaje de seguridad en los cálculos ya que se ha considerado que el motor consume durante el virado y liberación del aparejo.

### 3.1.1.2 Generador principal

A diferencia del motor, el generador principal [6] dispone de un depósito de combustible de 1000 L, falta averiguar si es suficiente para la jornada diaria como mínimo. El consumo del grupo electrógeno varía según la potencia utilizada:

% Potencia utilizada	Litros/hora
50%	75
75%	107
100%	139

Tabla 3. Consumo del grupo generador principal según la potencia

Conociendo del cuaderno 8 el consumo eléctrico del buque en varias situaciones, se procede a calcular el consumo de combustible del generador principal durante la jornada diaria:

Actividad	Duración (Horas)	Potencia utilizada %	Litros/hora	Consumo (Litros)
Liberar	1	83	117,24	117,24
Recoger	1	88	123,64	123,64
TOTAL				240,88
Días sin repostar				4

Tabla 4. Autonomía del generador principal

Únicamente se han considerado estas condiciones ya que el consumo eléctrico en las demás no era justificable para el uso del generador principal, es decir, utilizar el generador principal en regímenes de gran variación de potencia provocará el desgaste prematuro del equipo. Por lo tanto, es conveniente el uso de un generador secundario.

Actividad	Conexión	Potencia utilizada %
Puerto	Conexión puerto	21
Navegación Libre	Generador S.	7
Arrastre	Generador S.	7
Liberar	Generador P.	83
Recoger	Generador P.	88

Tabla 5. Potencia utilizada por actividad

En la tabla anterior se muestra qué tipo de conexión abastecerá el consumo eléctrico en las demás situaciones.

Observando los resultados de la tabla 4, el depósito de combustible del generador principal es suficientemente grande como para no repostarlo en 4 días, exactamente el mismo tiempo que en el motor principal.

### 3.1.1.3 Generador secundario

El generador secundario [9] estará en funcionamiento desde la salida en el puerto hasta la llegada al mismo para la venta de las capturas en la lonja, esto se traduce en 10 horas de actividades de arrastre y navegación libre. El grupo electrógeno de YANMAR trabajará al 90% con un consumo a ese nivel de actividad de 12,8 litros por hora. Por otra parte, dispone de un tanque de combustible con una capacidad de 130 Litros. Con estos datos, se puede calcular si es suficiente el depósito propio del generador como para soportar 10 horas de trabajo:

Actividad	Duración (Horas)	Potencia utilizada %	Litros/hora	Consumo (Litros)
Navegación Libre	10	90	12,5	125
Arrastre				
			Tanque (L)	130
			Días sin repostar	1

El generador está sometido en ambas situaciones al mismo consumo eléctrico, lo cual es beneficioso para el grupo electrógeno ya que los regímenes de trabajo no cambian y evitan el desgaste prematuro del equipo.

Con el objetivo de igualar la autonomía del motor y generador principal con el generador secundario para evitar un exceso de maniobras a los tripulantes del buque proyecto, se añadirá un tanque de combustible que permita el uso del generador secundario durante 4 días sin repostar.

$$TK\ comb = \text{Días} * \text{consumo diario}$$

$$TK\ comb = 4 \text{ Días} * 125 \text{ Litros} = 500 \text{ litros o } 0,5 \text{ m}^3$$

#### **3.1.1.4 Generador emergencia**

En este caso, el generador de emergencia dispone de un depósito de combustible de 120 Litros [7]. Este equipo trabajará al 90% de su capacidad con un consumo de 10 Litros/hora, de forma que aplicando la normativa del Real Decreto 543/2007 a su uso, es decir, debe suministrar energía durante 3 horas a los equipos y servicios esenciales, permite conocer si es suficiente ese depósito para su labor.

$$\text{Emergencias que puede soportar} = \frac{120 \frac{\text{Litros}}{\text{Hora}}}{\frac{10 \text{ Litros}}{3 \text{ horas}}} = 4$$

En caso de producirse alguna emergencia a bordo, es capaz de suministrar energía durante 12 horas, o expresándolo de otra forma, puede abastecer el buque durante 4 emergencias sin necesidad de repostarlo.

#### **3.1.2 Dimensionamiento de los tanques de combustible**

Los tanques de combustible que se requerirán en cámara de máquinas son para el motor propulsor y generador secundario, con una capacidad de 4,5 m<sup>3</sup> y 0,5 m<sup>3</sup> respectivamente. Se instalarán 6 tanques con una capacidad individual de 1,0 m<sup>3</sup> y 0,5 m<sup>3</sup> con el objetivo de reducir los efectos por superficies libres. Además, se posicionarán lo más alto posible de la cubierta en contacto con la cubierta de francobordo para evitar que el casco interfiera en las formas de los mismos, ya que curvar los tanques supone un alto coste de inversión. Otra alternativa es dividir el tanque en dos, uniendo dos vértices y formando una diagonal.

A continuación se detallará la capacidad, peso y posición de cada tanque de combustible:

Tanque combustible	Capacidad (m3)	Tipo de combustible	Densidad (ton/m3)	Peso (ton)	Xg (m)	Zg (m)
1	1	Diesel	0,85	0,85	10,57	2,5
2	1	Diesel	0,85	0,85		
3	1	Diesel	0,85	0,85		
4	1	Diesel	0,85	0,85		
5	0,5	Diesel	0,85	0,425		
6	0,5	Diesel	0,85	0,425		
TOTAL				4,25		

Tabla 6. Capacidad de cada tanque de combustible

### 3.1.2 Dimensionamiento de las bombas de trasiego

#### 3.1.2.1 Motor principal

El caudal máximo que van a suministrar las bombas de trasiego se va a determinar según el consumo del motor en condición de navegación:

$$Q = 0,095 \frac{m^3}{h}$$

Añadiendo un 15% de caudal para que la bomba no esté en funcionamiento en su totalidad, se instalarán bombas con un caudal máximo de  $0,11 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 3.1.2.2 Generador secundario

Siguiente el mismo planteamiento que en el motor principal, se instalarán una bomba de trasiego con capacidad suficiente para cubrir el consumo del generador [9], siendo de:

$$Q = 0,0125 \frac{m^3}{h}$$

Añadiendo un factor de seguridad del 15%, la bomba será de  $0,015 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Teniendo en cuenta que habrán 3 tanques por costado, se dispondrá de 2 bombas de trasiego de combustible para el motor principal con su correspondiente consumo y caudal, donde compartirán la misma bomba los tanques que se sitúen en la misma Xg (m), el tanque de 0,5 m<sup>3</sup> de capacidad compartirá la bomba con dos de los tanques más próximos. En caso del generador secundario se instalará una bomba con las características mencionadas anteriormente.

### 3.2 Sistema de exhaustación de gases

Este sistema es el encargado de enviar a la atmósfera los gases generados en el motor principal, generador principal, generador secundario y generador de emergencia. En el Anexo 4 del convenio MARPOL, se comenta que los motores diesel de buques de menos de 24 metros de eslora, arqueado bruto inferior a 500 toneladas y construidos antes del 1 de enero de 2021 deben cumplir con las normas de emisiones del nivel II. Aunque como el buque no navegaría por zonas de control de emisiones de NOx, tampoco hace falta que cumpla con los requisitos de emisiones del nivel III. [4]

Por otra parte en la página del fabricante YANMAR, se garantiza el cumplimiento de los estándares de emisiones IMO TIER II y CCNR2. [3]

Debido a que el sistema de escape es de tipo seco sin necesidad de instalar un scrubber ya que el gasoil B no emite azufre, los gases de escape deben realizar el siguiente trayecto:

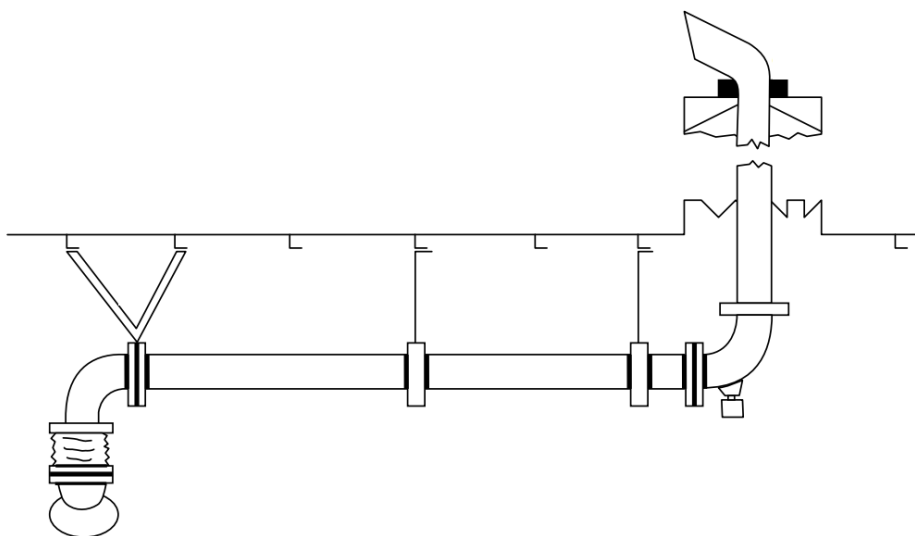


Figura 4. Sistema de gases de escape

Inicialmente, los gases salen del motor pasando por un tubo flexible de conexión. Luego, los gases avanzan por tuberías cuyo soporte está fijado en la estructura hasta la salida al exterior.

En el trayecto se dispone de una trampa de condensado con capacidad de ser removida para la limpieza.

Los gases de escape que produce el motor diesel salen a grandes temperaturas, de forma que las tuberías deben estar protegidas con un material aislante. Según la información de los fabricantes, el generador principal genera gases de escape a una temperatura de 470 grados [5], mientras que en el motor principal, generador secundario y generador de emergencia se desconocen los datos. Como generalmente la temperatura de los gases de escape de un motor diesel estándar son de 550 grados aproximadamente, se ha escogido como aislante térmico una protección para 550 grados con 30 milímetros de espesor del fabricante *Quality Tuning*, también hay opción para 50 mm. Según la tabla facilitada por el fabricante, se requieren 800 centímetros de protección térmica por metro de tubería asumiendo que el diámetro de la tubería promedio de gases de escape es de 48 milímetros, este valor se va a utilizar para los cuatro equipos.

Las tuberías conducen los gases de la cámara de máquinas pasando por la cubierta de trabajo entre ambas maquinillas hasta la expulsión de los mismos en el punto más alto posible de la embarcación, a 2,10 metros de altura de la cubierta gobierno. Las dimensiones del guardacalor deben ser tales que permitan alojar en su interior todos los gases, las dimensiones son: 150 mm de ancho, 100 mm de largo y 4,31 metros de altura desde la cubierta de trabajo hasta el extremo superior, todo esto tomando como referencia el motor principal.

Desde el generador principal hasta el conducto de gases de escape del motor principal hay 8,37 metros bordeando la cámara de máquinas y 6,52 metros en el caso del generador secundario. Mientras que desde el generador de emergencias hasta el conducto de gases de escape del motor principal hay 4,7 metros.

En total se va a requerir la siguiente cantidad de material y coste:

Diámetro de la tubería (mm)	Espesor (mm)	cm x m de tubería
48	30	800
Tuberías de gases en CM (m)	Cm requeridos	
25,46	20368	

Tabla 7. Cantidad de aislante térmico

Se van a necesitar 204 metros de material aislante.



### 3.3 Sistema de lubricación

#### 3.3.1 Motor principal

El sistema de lubricación por descripción del motor YANMAR es de lubricación forzada con bomba de engranajes. La selección del aceite lubricante es muy importante para un motor diesel, ya que el uso de un aceite lubricante incorrecto puede causar el atascamiento de los anillos del pistón y el desgaste temprano de la camisa de los cilindros, cojinetes o otras piezas móviles que reducen la durabilidad del motor.

Las características del aceite deben ser:

- Clasificación API: Grafo CD o CF
- Grado de viscosidad SAE: 40 o 15W-40
- T.B.N [mgKOH/g]: 9-15

Application	Viscosity (SAE)	Specific gravity	Flash point (°C) (open type)	Pour point (°C)	Kinetic viscosity mm <sup>2</sup> /s (cSt)		Viscosity index
					40 °C	100 °C	
Marine propulsion engine	40	0.893	> 240	< -7.5	140 - 155	14 - 15.5	96 - 110
	15W-40	0.88	> 230	< -30	> 100	14 - 15.5	> 140

Tabla 8. Características del aceite para el motor

El motor tiene dos aperturas para la introducción del aceite lubricante: Una para el colector de aceite cuya capacidad es de 91 litros y otra para la bomba de inyección de combustible cuya capacidad es de 1,5 litros.

Se rellena de aceite de la siguiente forma:

**Colector de aceite:** Para rellenar el colector de aceite, se debe abrir el tapón e introducir el aceite (1) hasta la marca de nivel superior que se revisa en la varilla graduada (2).

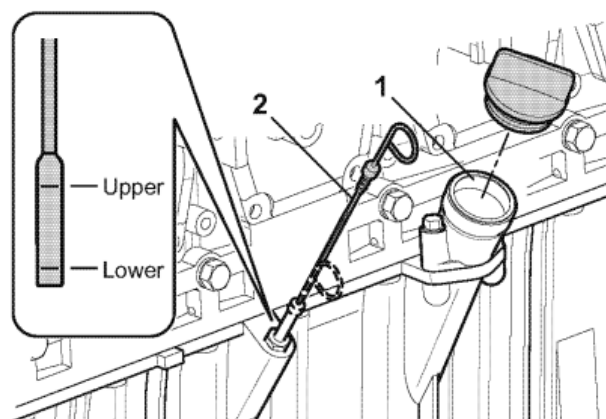


Figura 5. Nivel del colector de aceite

**Bomba de inyección de combustible:** En la zona del motor que se encuentra en la siguiente imagen, se desenrosca la apertura introduciendo 1,5 litros de aceite como recomendación del fabricante.

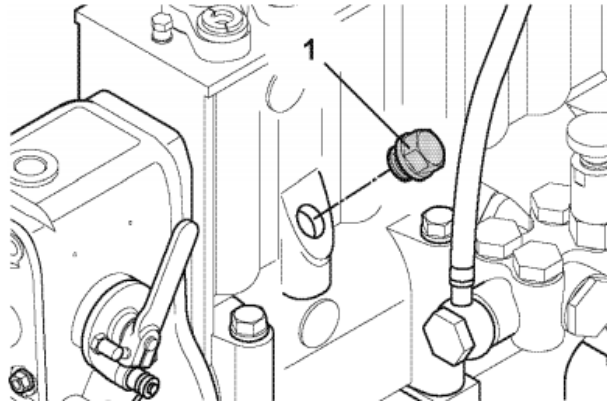


Figura 6. Tapón de la bomba de inyección de combustible

Según el fabricante, el aceite se cambia por primera vez a las 50 horas y después cada 250 horas.

### 3.3.2 Generador principal

El mismo generador principal [6] dispone de un depósito de aceite para el sistema de lubricación con una capacidad de 48 litros. También ofrece como información el fabricante, que el aceite se consume diariamente en un 8%, es decir, el cambio de aceite se debe realizar cada 300 horas. El mismo generador avisa mediante alarmas cuando se supera el mínimo de presión del aceite.

### 3.3.2 Generador secundario

Como en el generador principal, este grupo electrógeno [9] tiene incorporado un depósito de aceite para el sistema de lubricación con una capacidad de 14 litros. El cambio de aceite se debe realizar según el fabricante cada 250 horas, menos el primer cambio a las 50 horas.

El sistema de lubricación es forzada y recomienda el uso de combustible de grado CD o superior según el API.

### 3.3.3 Generador de emergencia

En este equipo sucede de igual forma que en los equipos anteriores [7], ya dispone de un espacio dedicado a almacenar aceite con una capacidad de 10.5 litros. El fabricante recomienda cambiar el aceite a las 250 horas aunque el primer cambio se debe realizar a las 50 horas.

El sistema de lubricación es forzada y recomienda el uso del tipo de combustible CD, CE, CF o grado superior según el API.

### 3.3.4 Tanque de aceite hidráulico

Contactando con el fabricante de maquinaria naval MAPSA S.L, se ha recomendado que para un buque de estas dimensiones se instale un sistema de caudal variable para que las tuberías y bombas sean de menor dimensión al trabajar con menos aceite. No obstante, la presión a las que están sometidas es mayor, del orden de 250 a 450 bar, por lo que se deben "blindar" y son más costosas. Además, al no utilizar un sistema de caudal simple, se optimiza el uso del aceite y se requieren tanques más pequeños. Las diferencias entre ambos sistemas son los siguientes:

	Caudal Fijo	Caudal variable
Bombas	1	2
Presión	120	350
Tanques (l)	200	100

Tabla 9. Requerimientos según el caudal de las maquinillas

Siguiendo las instrucciones del fabricante, se instalará un sistema de caudal variable cuya capacidad de tanque de almacén de aceite hidráulico es de 100 litros.

Se dispondrá de un tanque de 1 metro de largo x 0.5 metros de alto x 0,16 metros de ancho al costado del tanque de agua dulce en babor en la posición 7,8 metros en XG y 2,5 metros en ZG.

### 3.4 Sistema de refrigeración

#### 3.4.1 Motor principal

El sistema de refrigeración del motor YANMAR es de temperatura constante con intercambiador de calor, es decir, se enfría el circuito cerrado de agua dulce mediante agua de mar impulsada.

##### **Circuito cerrado:**

El refrigerante a utilizar debe estar limpio, y las propiedades que debe tener el agua como refrigerante son:

Water quality for coolant	
pH 298K (25 °C)	6.5 - 8.0
Total hardness (CaCO <sub>3</sub> )	< 100 ppm
M alkalinity	30 - 100 ppm
Ammonium ion (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) concentration	< 0.05 ppm
Chloride ion (Cl <sup>-</sup> ) concentration	< 100 ppm
Sulfate ion (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) concentration	< 100 ppm
Evaporation residue	< 400 ppm

Tabla 10. Propiedades del agua como refrigerante

Además del agua como refrigerante, se añade un refrigerante de larga duración, las marcas que recomienda YANMAR son:

- TEXACO LONG LIFE COOLANT/standart and premixed. Product Code 7997 and 7998
- HAVOLINE EXTENDED LIFE ANTIFREEZE/COOLANT. Product Code 7994

El uso de refrigerante no recomendado puede causar la rotura de diferentes elementos en el sistema de refrigeración.

El llenado del refrigerante se realiza de la siguiente forma:

- Primero se retira el tapón de ventilación en la tapa del termostato del tanque de refrigeración.
- Luego se quita la tapa de llenado del tanque de refrigeración

- Finalmente, se rellena el tanque de refrigeración (65 litros) hasta el cuello del tapón y el tanque de reserva (3 litros) hasta la marca del límite superior.

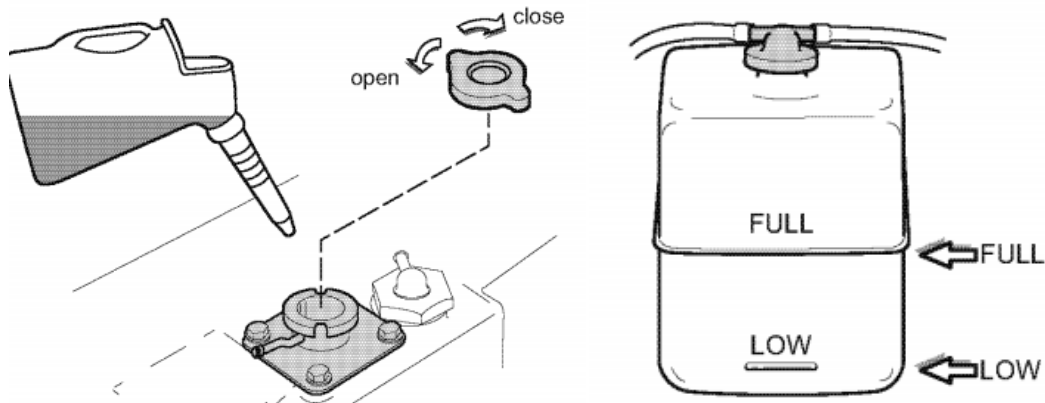


Figura 7. Nivel de llenado del refrigerante

#### **Circuito de agua salada:**

El agua del mar entra en el circuito refrigeración al ser succionada por la bomba de agua salada, que se encuentra en el motor y es accionada por el mismo, pasando previamente por el grifo de fondo y un filtro de agua salada, que evita la entrada de impurezas y organismos marinos. El agua salada pasa por su recorrido por el enfriador de aceite de la inversora, enfriador de aceite del motor y el intercambiador de calor, lugar donde se enfría el agua del circuito cerrado de agua dulce.

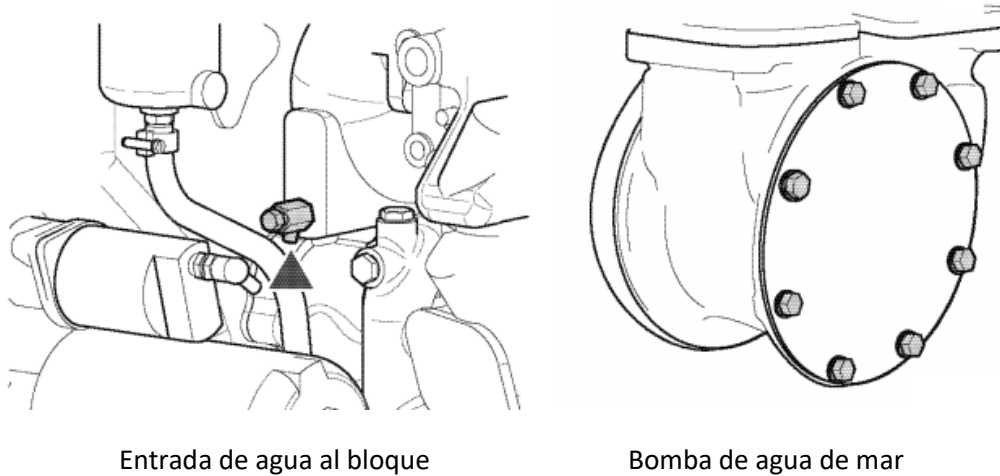


Figura 8. Entrada del circuito de agua salada con la bomba de agua de mar

### 3.4.2 Generador principal

El tipo de refrigeración del generador principal [6] es líquida y además dispone de un ventilador el mismo equipo que enfría el circuito de agua, se denomina como motor auto refrigerado con ventilador mecánico soplante. El caudal de refrigeración de aire es de 41040 m<sup>3</sup>/h.

### 3.4.3 Generador secundario

El generador secundario [9] se refrigera por agua con ayuda de un radiador y un ventilador. El agua se mueve por el circuito interno hasta el radiador donde se disipa la calor con ayuda de un ventilador de 18,54 mm y 5 palas. El depósito de agua refrigerante es de 6 litros.

#### **3.4.4 Generador emergencia**

El generador de emergencia [7] se refrigera por el mismo método que en el generador secundario, mediante agua y cuyo sistema de refrigeración es un radiador, es decir, el agua circula por el circuito interno hasta el radiador donde se disipa la calor con ayuda de un ventilador que incorpora el equipo. La capacidad del depósito de refrigeración es de 5,2 litros, mientras que el ventilador tiene un diámetro de 16,9 mm y 6 palas.

Siendo del mismo fabricante, es normal que las características y sistemas que incorporen el generador secundario y de emergencias sean similares.

### **3.5 Arranque de los equipos**

#### **3.5.1 Motor principal**

El fabricante YANMAR ofrece la dos opciones de arranque del motor: arranque eléctrico o arranque por aire comprimido.

De ambas opciones se ha escogido la primera con ayuda de un motor eléctrico de 24 V y 7.0 kW. El proceso de arranque por esta opción es la siguiente:

- Primero, poner la palanca de cambio en posición neutral.
- Encender la batería cambiando la posición del interruptor a ON.
- Mover la llave desde la posición de OFF a ON, y luego mover nuevamente la llave desde ON hasta START hasta que el motor funcione.
- Después se suelta la llave, moviéndose por sí misma desde la posición de START a ON.

#### **3.5.2 Generador principal**

El sistema de arranque del generador principal es igual que en el motor principal, requiere un motor eléctrico de 24 V y 7.0 kW. En este caso, no está la opción de arranque por aire comprimido.

### 3.5.3 Generador secundario

A diferencia de los otros equipos, el generador secundario se arranca con un motor eléctrico de 12 V y 3 kW.

### 3.5.4 Generador emergencias

El sistema de arranque del generador de emergencias es por un motor eléctrico de 12 V y 2,3 kW.

## 3.6 Sistema de contraincendios en la cámara de máquinas

Este sistema es primordial en la seguridad operativa del buque, toma agua salada para enviarla a la zona de incendios mediante el colector de agua salada. En el Real Decreto 543/2007 se menciona que los buques de 18 a 24 metros de eslora deberán estar equipados en cámara de máquinas con dispositivos propios para la lucha contraincendios:

- Se instalarán dos **detectores de incendios** ya que el superficie de la cámara de máquinas es de 53,65 m<sup>2</sup>, por cada 37 m<sup>2</sup> se debe instalar por lo menos uno. Los detectores distarán entre ellos como máximo 9 metros y hasta los mamparos 4,5 metros.
- Como el **sistema fijo de extinción en cámara de máquinas** es por agua, se dispondrá de un arranque de la bomba o del dispositivo de impulsión desde fuera del espacio a proteger. Estará dotado de boquillas aspersoras aprobadas según el anexo 1 del Real Decreto 809/1999. El número de boquillas y su disposición serán suficientes para asegurar la distribución eficaz del agua a razón media por lo menos de 5 litros /m<sup>2</sup> por minutos en el espacio protegido. Tanto la bomba como sus mandos se instalarán fuera del espacio protegido. La bomba estará accionada por un motor independiente de combustión interna.
- Se instalará una **bomba contraincendios** principal capaz de lanzar un chorro de agua a la cámara de máquinas. La capacidad mínima en m<sup>3</sup>/h de la bomba principal contraincendios motorizada deberá ser igual al menos a:

$$Q = \left( 0,15\sqrt{L(B + D)} + 2,25 \right)^2$$
$$Q = \left( 0,15\sqrt{19,346 * (5,62 + 3)} + 2,25 \right)^2 = 17,53 \frac{m^3}{h}$$



Como este valor no excede los 30 m<sup>3</sup>/h, no es necesario añadir otra bomba contraincendios.

- El espacio de máquinas irá provisto de una **boca contraincendios** con su manguera situada fuera del espacio a proteger y cerca de la entrada de este. La longitud de la manguera de una sola pieza y no excederá de 15 metros.
- Se requerirá de un **colector de contraincendios** para alimentar el chorro de la cámara de máquinas.
- Como la potencia del motor es superior a 250 kW, se dispondrá de 3 **extintores** de polvo seco de 4,5 kg, uno de ellos situado cerca de la entrada de la cámara.

### 3.7 Sistema de ventilación

El sistema de ventilación de la cámara de máquinas no puede pasar a través de espacios de alojamiento o de servicio ni puestos de control, salvo que los conductos sean de acero y estén dispuestos y aislados de modo que se preserve la integridad de las divisiones que atraviesen.

El sistema de ventilación estará formado por tomas de ventilación que conectarán con exterior del buque desde la cámara de máquinas o habitación de la cubierta de francobordo hasta la cubierta de francobordo o la cubierta superior. Se dispondrán de 16 tubos de aireación, 2 en cada costado de la caseta para abastecer el interior de la cubierta de francobordo y el local del generador de emergencias, es decir 8 tomas de aire con conexión a la cubierta de caseta, y 8 tomas más que se dedicarán a ventilar el interior de la cámara de máquinas con conexión a la cubierta de francobordo.

Los salidas de los tubos serán manguerotes de construcción sólida y serán susceptibles de quedar cerrados de manera estanca a la intemperie con dispositivos fijados de modo permanente al manguerote o a la estructura adyacente. La altura de los manguerotes será la máxima posible, en caso de la cubierta de caseta la altura será de 87 cm para no interactuar negativamente con las ventanas, y para las tomas que desemboquen en la cubierta de trabajo la altura de los manguerotes será de 1 metros por el mismo motivo que el anterior.

Según el Real Decreto 543/2007, en la cubierta de trabajo, la altura sobre cubierta de los manguerotes que no sean de ventiladores del espacio de máquinas será igual o superior a 760 mm. y en las cubierta de superestructura no será inferior a 450 mm. Como se puede observar, se cumplen las restricciones en ambos casos.

### **3.8 Sistema de sentinas**

La función de este sistema es la de achicar el contenido de cualquier espacio estanco que no disponga de medios de achique.

Generalmente, el sistema se basa en un colector principal en el que se distribuyen los vertidos de todos los espacios conectados a este hasta el tanque de sentinas. Más adelante, las bombas achicarán el contenido a tierra.

Los elementos del sistema son:

- **Tanque de sentinas:** Almacena el contenido dirigido por las bombas.
- **Bombas:** Envía el fluido al tanque de sentinas
- **Conexión universal a tierra:** Punto de descarga del tanque de sentinas a tierra.

En este proyecto no se dispondrá del colector ya que los únicos espacios que requieren de este servicio es la cámara de máquinas y la sala adyacente a la misma. Además, se aprovechará el trimado negativo de la embarcación para que el fluido se acumule en los costados de popa de los dos espacios mencionados. En esas zonas se instalarán tomas, en total 4, que por gravedad enviarán los fluidos a dos tanques situados entre las cuernas 7-8 y 25-26, en los tanques se instalarán alarmas de nivel alto que permitan detectar la acumulación de líquidos en la sentina, dados ángulos normales de asiento y escora. Estos detectores deberán producir una alarma acústica y óptica de inundación en la caseta de gobierno, cuyo nivel acústico o sonoro y características garanticen la atención de la tripulación [8].

Después de que los residuos se acumulen en estos tanques, se activarán las bombas de sentina para redistribuir el fluido a otro tanque de mayores dimensiones situado en el centro de la cámara de máquinas, lugar desde el cual se descargarán a tierra a través de una conexión universal a tierra.

#### **3.8.1 Dimensionamiento del tanque de sentinas**

Los dos tanques de almacenamiento previo de sentinas se deben dimensionar según el espacio disponible entre las cuernas. Observando los planos del buque en adelante al cuadernillo 9, se observa un espacio para 2 tipos de tanque: triangular o rectangular, se elimina la idea de tanques curvos por su alto precio. En caso de ser triangular sus dimensiones serían de 1,3 metros de largo x 0,3 metros de ancho y 0,3 de alto con una capacidad total de 117 litros, si fuese rectangular sus dimensiones serían de 1,3 metros de largo x 0,3 de ancho y 0,3 de alto con una capacidad de 117 litros.

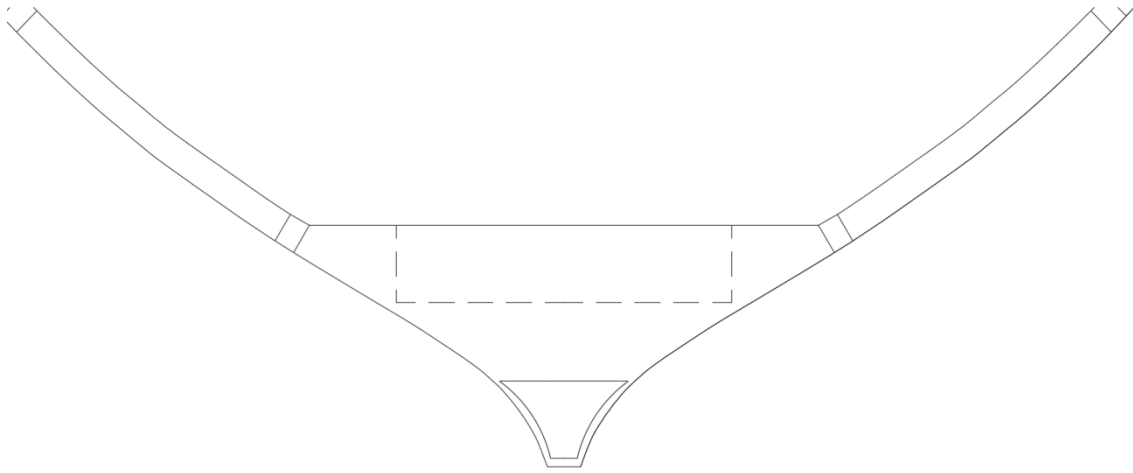


Figura 9. Tanque de sentinas rectangular

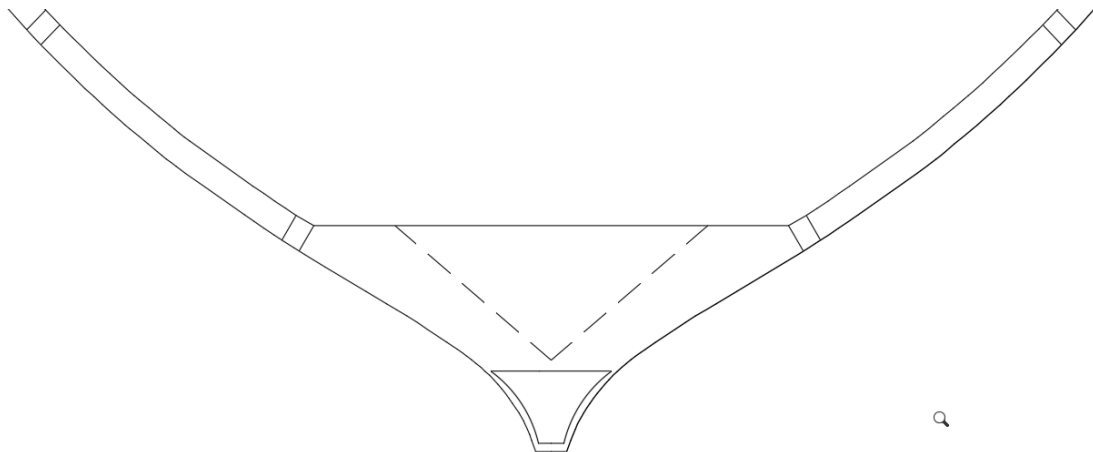


Figura 10. Tanque de sentinas triangular

Se escoge la opción triangular ya que es más fácil recoger los residuos sin que se queden almacenados para largo plazo.

Luego, la capacidad del tanque de sentinas se estima por la siguiente expresión:

$$V_{tks} = 1,5 + \frac{P.Inst(kW) - 1000}{1500};$$

$$V_{tks} = 1,5 + \frac{670 - 1000}{1500} = 1,28 \text{ m}^3$$

El tanque de sentinas es capaz de almacenar 8 veces la cantidad de los tanques previos.

### 3.8.2 Capacidad de las bombas de sentinas

Según el Real Decreto 543/2007 [8], se instalarán no menos de dos bombas para el achique de sentinas, una de ellas podrá ser accionada por el motor principal y la otra podrá ser de accionamiento manual. Luego, la capacidad total no será menor a 450 litros/minuto, ya que la eslora del buque es igual o mayor a 20 metros pero menor de 24. El caudal de una cualquiera de las bombas no será menor de 230 litros /minuto.

Por lo tanto, se instalarán dos bombas de accionamiento manual de tipo rotativo de capacidad de 230 litros/minuto y 220 litros/minuto, se escogen estos valores ya que son los mínimos y son más que suficientes para dos tanques de 117 litros de capacidad cada uno.

## 4 Plano de cámara de máquinas

A continuación se muestra el plano de cámara de máquinas:

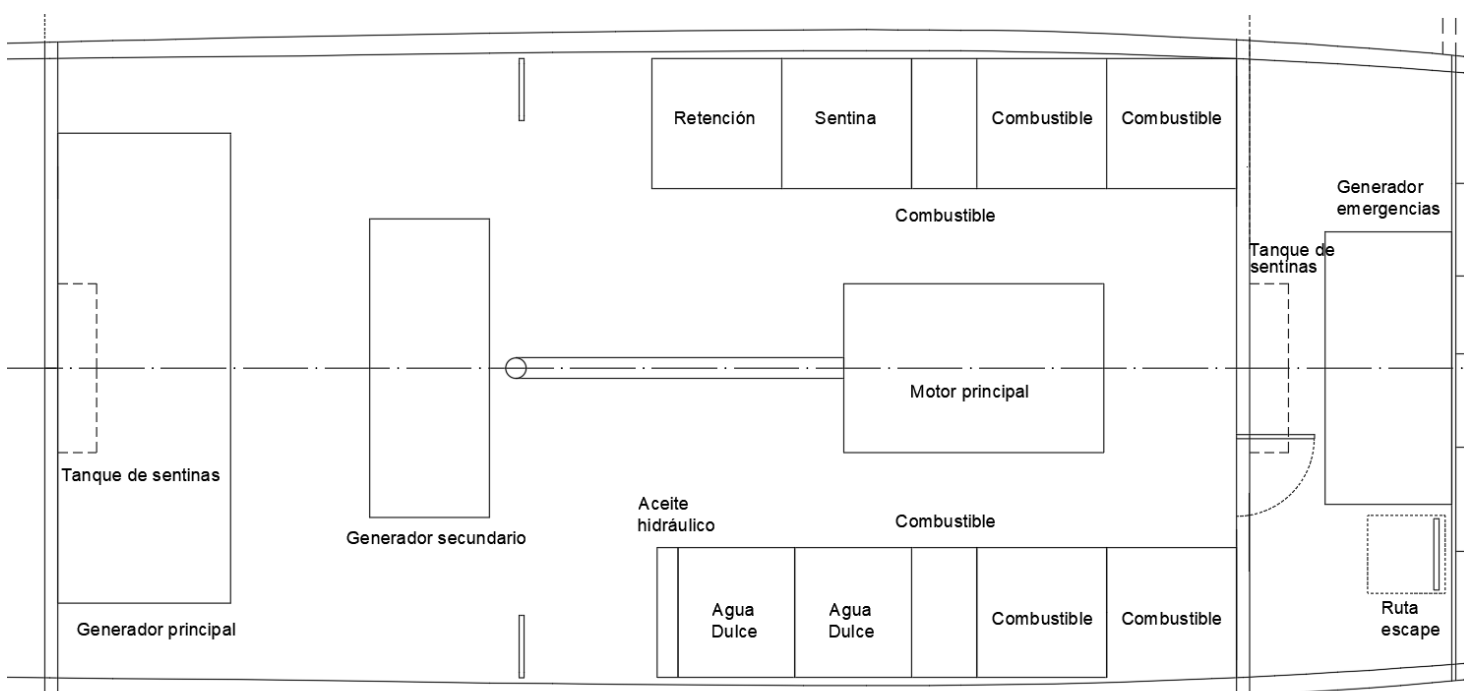


Figura 11. Plano de cámara de máquinas

## Bibliografía

- [1] American Bureau of Shipping, « *Part 4 Vessel systems and machinery* » de *Rules for building and classing*, 2019.
- [2] YANMAR. Operation manual, Marine propulsion engine 6AYM-WGT [Consultado el 01/06/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://www.yanmar.com/media/global/com/product/marinecommercial/propulsionEngine-HighSpeed/operationmanual/6AYM-WST\\_WET\\_WGT\\_OPM\\_0A6AY-G00401.pdf](https://www.yanmar.com/media/global/com/product/marinecommercial/propulsionEngine-HighSpeed/operationmanual/6AYM-WST_WET_WGT_OPM_0A6AY-G00401.pdf)
- [3] YANMAR. High speed engines 6AYM-WGT [Consulta el 19/06/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.yanmarmarine.eu/Products/High-speed-engines/6AYM-WGT-369/>
- [4] OMI, « MARPOL 73/78 ». Londres, 2002.
- [5] Quality tuning. Aislamiento de escape. Sistema de escape 550 grados [Consultado el 07/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.quality-tuning.eu/es/proteccion-termica-para-el-sistema-de-escape-550-grados>
- [6] INMESOL. Ficha técnica del grupo electrógeno. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.inmesol.es/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-grupo-electrogenero.asp>
- [7] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY\\_5.pdf](https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY_5.pdf)
- [8] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »
- [9] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 11/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel\\_generators/yeg\\_4pole/](https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel_generators/yeg_4pole/)


## **Anexo 1. Manual de operación del motor principal**

**YANMAR**

OPERATION MANUAL

# MARINE PROPULSION ENGINE

**6AYM-WGT  
6AYM-WET  
6AYM-WST**

 English

# YANMAR

## MARINE DIESEL ENGINE

### OPERATION MANUAL

Thank you for purchasing a YANMAR Marine Diesel Engine.

#### [ INTRODUCTION ]

- This Operation Manual describes the operation, maintenance and inspection of the YANMAR marine diesel engine.
- Read this Operation Manual carefully before operating the engine to ensure that the engine is used correctly and that it stays in the best possible condition.
- Keep this Operation Manual in a convenient place for easy access.
- If this Operation Manual is lost or damaged, order a new one from your authorized YANMAR dealer or distributor.
- Make sure this manual is transferred to subsequent owners. This manual should be considered a permanent part of the engine and remain with it.
- Constant efforts are made to improve the quality and performance of YANMAR products, so some details included in this Operation Manual may differ slightly from your engine. If you have any questions about such differences, please contact your authorized YANMAR dealer or distributor.
- The specifications and components (instrument panel, fuel tank, etc) described in this manual may differ from the ones installed on your vessel.  
Please refer to the manual provided by the manufacturer of these components.

OPERATION MANUAL	MODEL	6AYM-WGT, 6AYM-WET, 6AYM-WST
	CODE	0A6AY-G00401

All Rights Reserved, Copyright **YANMAR CO., LTD.**



# CONTENTS

---

<b>FOR YOUR SAFETY .....</b>	<b>1</b>
Safety Symbols .....	1
Safety Precautions .....	2
Warning Labels .....	5
Precautions for Lifting the Engine .....	7
Engine Nameplates .....	8
<b>SPECIFICATIONS .....</b>	<b>9</b>
Location of Components .....	10
<b>FUEL OIL, LUBRICATING OIL AND COOLANT .....</b>	<b>11</b>
Fuel .....	11
Lubricating Oil .....	12
Coolant .....	13
<b>RUNNING-IN .....</b>	<b>14</b>
Fuel .....	14
Lubricating Oil .....	16
Cooling System (Seawater and Coolant) .....	17
Lubrication .....	19
Remote Control Device (Option).....	19
Cranking .....	19
Instruments Check before Starting.....	20
Rechecking after Starting.....	22
<b>OPERATION .....</b>	<b>23</b>
Starting .....	23
Air Motor Starting System (Option) .....	26
Notice while Running with Load .....	27
Stopping .....	29
Long-Term Storage .....	30
<b>CHECKING AND SERVICING THE TURBOCHARGER .....</b>	<b>31</b>
<b>PERIODICAL MAINTENANCE .....</b>	<b>32</b>
Periodic Maintenance Schedule .....	32
Fuel System .....	34
Lubricating Oil System .....	35
Cooling Water System (Seawater and Coolant) .....	38
Turbocharger .....	41
Injection Nozzle .....	41
Remote Control Cables .....	42
Electrical Parts .....	43
Valve Clearance Adjustment .....	43

TROUBLESHOOTING AND COUNTERMEASURES .....	44
WIRING DIAGRAMS .....	49
YANMAR STANDARD MOTOR-DRIVEN BILGE PUMP (OPTION) .....	53

## FOR YOUR SAFETY

---

Following the precautions described in this manual will enable you to use this engine with complete satisfaction. Failure to observe any of the rules and precautions, however, may result in injury, burns, fires and engine damage. Read this manual carefully and be sure you fully understand it before beginning operation.

### Safety Symbols

These are the warning signs used in this manual and on the product.



This safety alert symbol appears with most safety statements. It means attention, become alert, your safety is involved! Please read and abide by the message that follows the safety alert symbol.

#### **DANGER**

**DANGER** indicates a hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury.

#### **WARNING**

**WARNING** indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury.

#### **CAUTION**

**CAUTION** indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in minor or moderate injury.

#### **NOTICE**

**NOTICE** indicates a situation which can cause damage to the machine, personal property and/or the environment or cause the equipment to operate improperly.

## Safety Precautions

### Safety precautions for operation

#### DANGER



##### Burns from steam

- Never remove the filler cap from the coolant tank while the engine is still hot. Steam and hot air will spurt out and seriously burn you. After engine stop, wait until the water temperature drops. Wrap a cloth around the filler cap and slowly loosen the cap.
- After inspection, tighten the filler cap firmly. If the cap is not secure, steam or hot air can spurt out during operation and seriously burn you.



##### Ventilation of the battery area

- Make sure that the area around the battery is well-ventilated and that no flammable materials are near. The battery emits hydrogen gas during operation and charging. The gas can catch fire.



##### Fires from oil ignition

- Be sure to use the correct type of fuel oil. Always double-check before fueling. The wrong fuel oils (e.g. gasoline) can cause a fire.
- Be sure to stop the engine before fueling. If you spill fuel oil, wipe the spillage carefully.
- Keep oil and other inflammable materials away from the engine. They can catch fire.

#### WARNING



##### Exhaust gas poisoning

- Never cover or block the windows, air vents, fans or other ventilation devices in the engine room. Always maintain good ventilation in the engine room during operation. Breathing exhaust gas is dangerous to your health.



##### Moving parts

- Keep your hands, other body parts and clothing away from moving parts (e.g. the front drive shaft, V-belt or propeller shaft). You will get caught and injured.
- Never operate the engine without the covers on the moving parts.
- Before engine start, check that you removed all tools and cloths from the area near the engine.



##### Alcohol and drugs

- Never operate the engine while you are under the influence of alcohol or drugs. Never operate the engine when you feel ill or unwell.

**⚠ CAUTION****Burns**

- Be careful of burns. The entire engine is very hot during and after operation.
- Keep your hands, other body parts and clothing away from the exhaust manifold, exhaust pipes, turbocharger, air cooler and engine body.

**Safety precautions for maintenance****⚠ DANGER****Burns from steam**

- Never remove the filler cap from the coolant tank while the engine is still hot. Steam and hot air will spurt out and seriously burn you. After engine stop, wait until the water temperature drops. Wrap a cloth around the filler cap and slowly loosen the cap.
- After inspection, tighten the filler cap firmly. If the cap is not secure, steam or hot air can spurt out during operation and seriously burn you.

**Fires from oil ignition**

- Be sure to use the correct type of fuel oil. Always double-check before fueling. The wrong fuel oils (e.g. gasoline) can cause a fire.
- Be sure to stop the engine before fueling. If you spill fuel oil, wipe the spillage carefully.
- Keep oil and other inflammable materials away from the engine. They can catch fire.

**⚠ WARNING****Fires from electric short-circuits**

- Always turn off the battery switch or detach the earth cable (-) before you inspect the electrical system. If you cause a short-circuit, a fire can occur.

**Moving parts**

- Stop the engine before you inspect it. If you have no choice but to inspect the engine while it operates, keep your hands, other body parts and clothing away from rotating parts. You will get caught and injured.

**Exhaust gas poisoning**

- Never cover or block the windows, air vents, fans or other ventilation devices in the engine room. Always maintain good ventilation in the engine room during operation. Breathing exhaust gas is dangerous to your health.

## 4 — FOR YOUR SAFETY

### WARNING



#### Side cover opening

- Do not open the side cover when the engine is hot. The new air intrusion may lead to an explosion.

### CAUTION



#### Battery fluid

- Be very careful not to expose your skin or eyes to the battery electrolyte. The electrolyte is a strong acid and can cause inflammations. If you come in contact with the battery fluid, wash it off immediately with a lot of freshwater.



#### Burns

- Be careful of burns. The entire engine is very hot during and after operation.
- Keep your hands, other body parts and clothing away from the exhaust manifold, exhaust pipes, turbocharger, air cooler and engine body.

### NOTICE

#### No modification

To keep the engine in good condition, the engine has been sealed to control the engine speed limit and the fuel injection quantity. If a seal is removed, the sliding and moving parts of the engine will suffer from increased wear. Engine performance will deteriorate and service life may shorten significantly. Removing a seal may also lead to increased lubricating oil and fuel consumption, seizure and breakage in all portions of the engine. Therefore, do not remove any seals. If the seal is removed, no warranty will be given even during the warranty period.

#### Regulation on NOx

Laws on maritime pollution and hazard prevention regulate the replacement of certain parts. The laws require that a record and the signature of personnel who replaces these parts is kept. All inspections and maintenance must be performed by our professional service technicians with the necessary expertise and skills.



#### Waste disposal

- Never dispose of waste oil, such as lubricating oil, by dumping it into a sewer, river, lake or ocean waters.
- Do not spill waste oil into ocean waters. Use a container to collect waste oil from the engine.
- Comply with relevant laws and/or regulations for the disposal of hazardous materials such lubricating oil, fuel, filters or batteries.

## Warning Labels

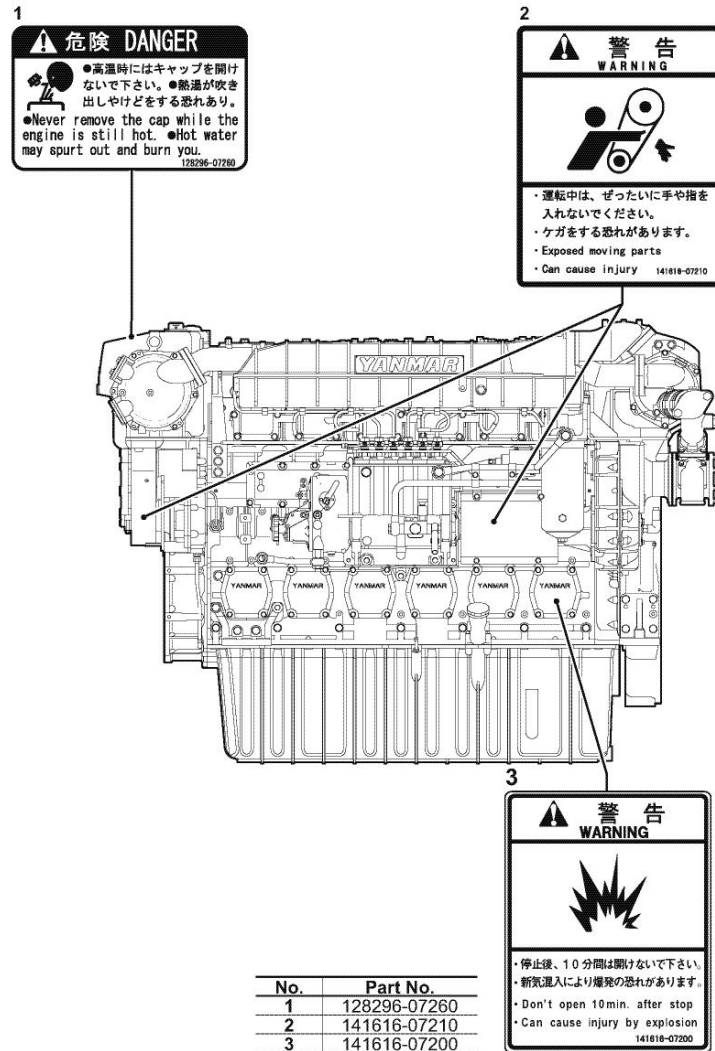
For safe operation, the affixed position of the warning labels is indicated.

Read the remarks of the warning labels carefully to attempt prevention of the accident.

Also, if you need to replace a part that has a label affixed to it, make sure you order the new part and label at the same time.

If the warning labels are damaged or fallen, order them from your authorized YANMAR dealer or distributor.

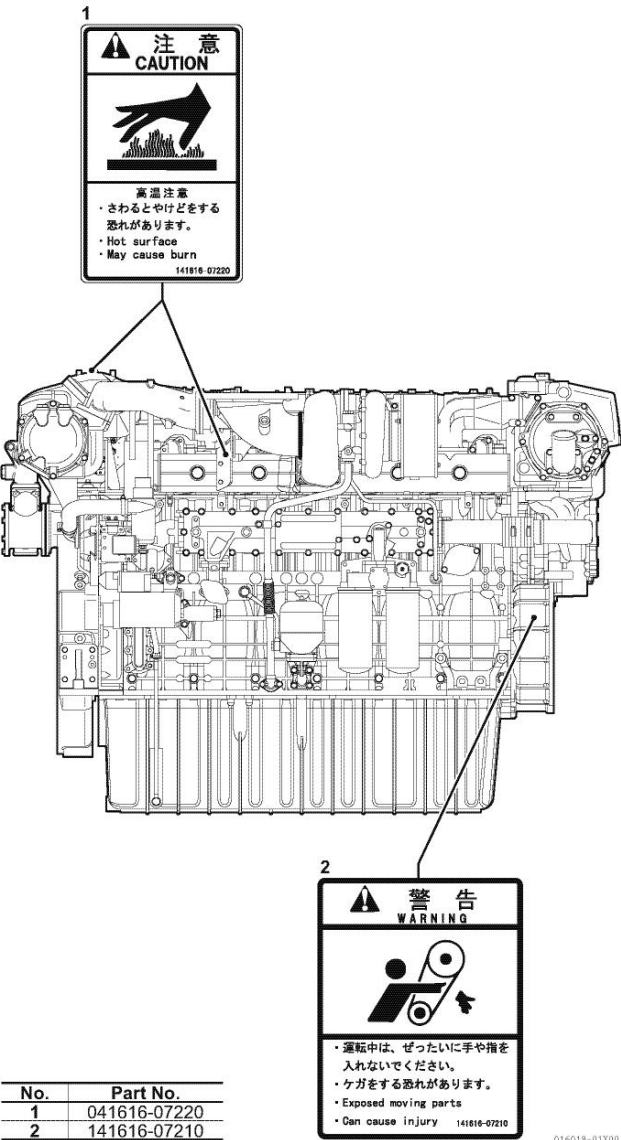
### ■ Operation side



016017-03X00

6 — FOR YOUR SAFETY

■ Non-operation side



016018-01X00

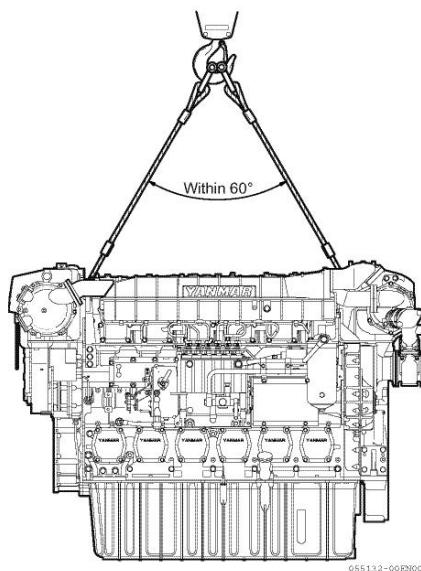


## Precautions for Lifting the Engine

The engine can cause serious injury when it falls during lifting. Obey the below instructions to prevent accidents during lifting.

### **⚠ WARNING**

- Make sure that the engine is lifted by qualified persons.
- Before lifting, make sure that the engine lifting bracket and mounting bolt have no damage and are in good shape. If you find a fault, stop immediately and contact your authorized YANMAR dealer or distributor.
- Select lifting tools (e.g. wire rope and shackle) that are appropriate for heavy loads.
- Select the wire rope length so that the engine does not tilt during lifting.
- Before lifting, examine the lifting tools and make sure that they have no damage and are in good shape.
- Protect the parts of the engine or driven equipment that touch the wire rope with protective material.
- The tension of the wire rope changes depending on the lifting angle. Make sure that the angle is within 60°.
- If you use a marine gear that is not listed in this operation manual, separate the marine gear from the engine, and lift the marine gear and engine separately.
- During lifting and moving the engine, do not go under the engine or near the engine.



For the mass, refer to Specifications in the Operation Manual.

## Engine Nameplates

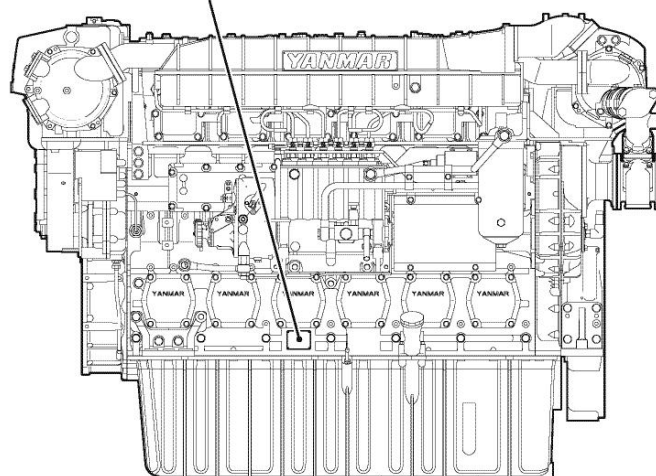
Periodic inspection and maintenance are important to help you enjoy your engine.

Your serial number is required at the time of requesting an engine maintenance or ordering a part. Confirm it before-hand.

### ■ Location of engine nameplate:

It is affixed under the No.4 cylinder side cover of the cylinder block on the fuel injection pump side.

Model		
Gear Model		
Continuous power kW	kW/	min <sup>-1</sup>
Speed of prop. shaft		min <sup>-1</sup>
Fuel stop power kW		
ENG. No.		
<b>YANMAR</b>		
<b>YANMAR CO., LTD.</b>		
<small>MADE IN JAPAN</small>		



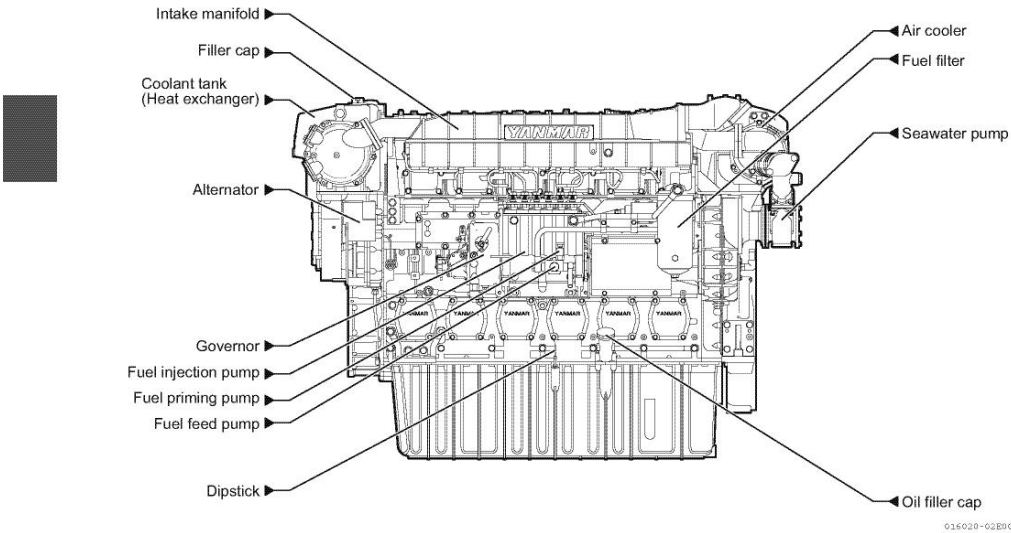
037856-01000

# SPECIFICATIONS

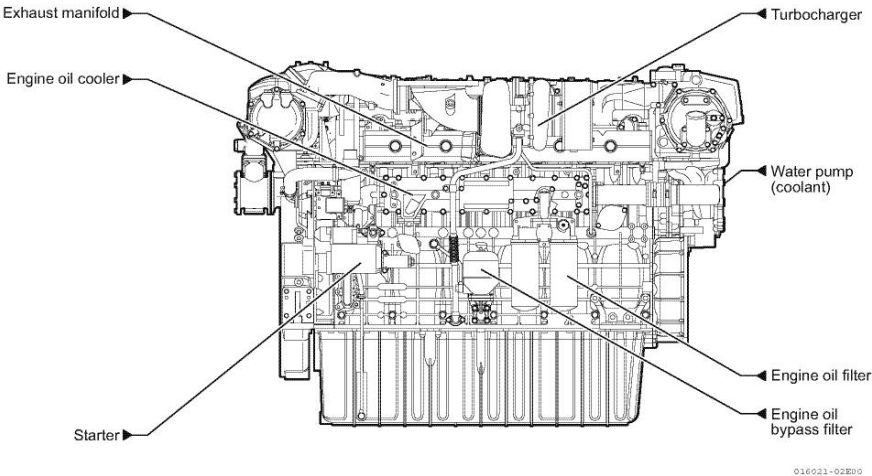
Model		Unit	6AYM-WGT	6AYM-WET		6AYM-WST
Type		—	Vertical, 4-cycle, turbo-charged diesel engine			
Combustion system		—	Direct injection			
No. of cylinders		—	6			
Bore × stroke		mm	155 × 180			
Displacement		ℓ	20.379			
Rated output (flywheel output)		Rating	L	M	H	H
		kW/min <sup>-1</sup> (hp/rpm)	670/1938 (911/1938) (2 hour rating)	610/1900 (829/1900) (10 hour rating)	555/1840 (755/1840) (24 hour rating)	485/1900 (659/1900) (24 hour rating)
Direction of rotation		—	Counterclockwise (Viewed from flywheel side)			
Cooling system		—	Constant temperature cooling system (with heat exchanger)			
Coolant capacity	Engine	ℓ	65			
	Reservoir tank	ℓ	3			
Lubrication system		—	Forced lubrication with gear pump			
Lubricating oil capacity	Engine	ℓ	Standard oil pan: 91 Shallow oil pan: 53			
	Marine gear	ℓ	Refer to marine gear manual			
Turbocharger type		—	Exhaust gas turbocharger (with air cooler)			
Starting system		—	Electric starting or air starting			
Engine mass (without marine gear)		kg	2365			

# Location of Components

## ■ Operation side



## ■ Non-operation side



## FUEL OIL, LUBRICATING OIL AND COOLANT

### Fuel

The specification of fuel oil for this model is shown in the following table.

The properties of fuel are uncertain and broadly ranged; thus they affect such factors as a smooth run of the engine, maintenance interval and service life of parts. Consequently, it might be necessary to change the specifications of engine or add attachment in accordance with the applied fuel oil.

#### ■ Quality criteria of fuel oil

Viscosity	at 50 °C	mm <sup>2</sup> /s	3 - 8
Property critical value	Specific gravity at 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	< 0.86
	Flash point	°C	> 60
	Residual carbon	mass. %	< 0.7
	Sulfur content	mass. %	< 1.0
	Ash content	mass. %	< 0.03
	Moisture content	vol. %	< 0.1
	Vanadium	ppm	—
	Sodium	ppm	—
	Aluminum	ppm	—
	Diesel index		(Cetane no. of ≥ 45)
Quality criteria equivalent fuel oil		ASTM D975	2D
		BS-2869	Class B1
		ISO 8217	DMX
		EN	590

#### NOTICE

The fuel injection system consists of precision parts and for that reason, do not use fuel to which water and dust are mixed in. If such fuel is used, it causes a trouble. Consequently, pay attention to the following in supply of fuel. Besides, as for daily maintenance, carry out draining and maintenance servicing of fuel filter mentioned in Periodic Maintenance on page 32.

#### In time of fuel supply

- When supplying fuel stored in a drum, stand the drum still for longer than one whole day to settle the impurity, and supply supernatant liquid of the drum to this engine.
- In the case of supplying fuel from a storage tank to the service tank, supply such fuel after more than one whole day elapsed from when fuel is supplied to the storage tank.

## Lubricating Oil

- Selection of lubricating oil is very important for a diesel engine. If improper lubricating oil is used or change of lubricating oil is neglected, it causes sticking of piston rings, seizure or early wear of pistons and cylinder liners and faster wear of bearings and various other moving parts that reduce the durability of the engine.

- Service categories

Use an engine oil that meets or exceeds the following guidelines and classifications:

- A.P.I. classification: Grade CD, CF
- SAE viscosity grade: 40, 15W-40
- T.B.N [mgKOH/g]: 9 - 15

Application	Viscosity (SAE)	Specific gravity	Flash point (°C) (open type)	Pour point (°C)	Kinetic viscosity mm <sup>2</sup> /s (cSt)		Viscosity index
					40 °C	100 °C	
Marine propulsion engine	40	0.893	> 240	< -7.5	140 - 155	14 - 15.5	96 - 110
	15W-40	0.88	> 230	< -30	> 100	14 - 15.5	> 140

### NOTICE

- Avoid blended use of different brands.

(In the unavoidable case of blended use of different brands of lub, consult your lubricating oil supplier.)

- If lubricating oil of a high total base number (T.B.N.) is used when using fuel oil of a low sulfur content, additive (calcium carbonate) of lubricating oil sticks to the high-temperature area together with carbon residue and causes adverse effects as mentioned below: For that reason, use the proper lubricating oil.

Accumulation of the aforementioned deposits on the combustion chamber hinders sliding of piston rings and may cause scuffing to the rings, cylinder liners, etc. Besides, they may cause bite-in and blow-by if intruded into exhaust valves.

## Coolant

### ■ Coolant selection

Use clean coolant (tap water) for the coolant.

Use the water having the properties shown in the following table.

Water quality for coolant	
pH 298K (25 °C)	6.5 - 8.0
Total hardness (CaCO <sub>3</sub> )	< 100 ppm
M alkalinity	30 - 100 ppm
Ammonium ion (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) concentration	< 0.05 ppm
Chloride ion (Cl <sup>-</sup> ) concentration	< 100 ppm
Sulfate ion (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) concentration	< 100 ppm
Evaporation residue	< 400 ppm

### ■ Long Life Coolant (LLC) mixture selection

Always add Long Life Coolant (LLC) to the tap water. This mixture serves as the coolant.

YANMAR recommends the following Long Life Coolant (LLC):

- TEXACO LONG LIFE COOLANT/standard and premixed  
Product Code 7997 and 7998
- HAVOLINE EXTENDED LIFE ANTIFREEZE/COOLANT  
Product Code 7994

or equivalent to the above LLC.

### NOTICE

Choose LLC which will not have any adverse effects on the materials (cast iron, aluminum, copper, etc.) used in the engine's cooling system, if different from the above.

Without this mixture, scale or rust is generated inside the parts of the coolant system, thus deteriorating cooling performance. In winter, never neglect to use LLC in order to prevent freezing.

If LLC use is neglected, the cooling water freezes and expands inside the engine, resulting in breakage of parts in the coolant system. The mixing ratio of LLC depends on the temperature. Be careful in using the mixing ratio specified by the manufacturer.

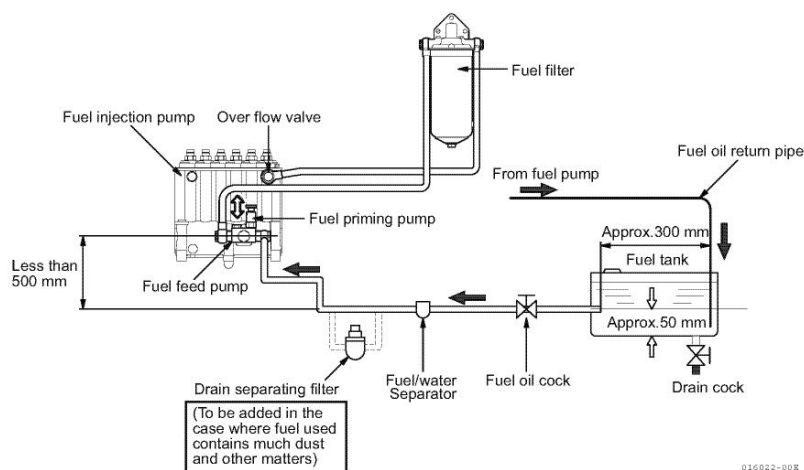
### NOTICE

- Excess LLC deteriorates cooling performance.  
A thin mixture which does not provide protection sufficient for the lowest temperature will freeze and damage the cooling water system.
- Never mix different types (brands) of LLC, chemical reactions may make the LLC useless and engine trouble could result.

## RUNNING-IN

When starting a new engine, perform the following procedure.

### Fuel



- Check the piping between the fuel tank and the engine as illustrated above.
- Be sure to install a drain cock at the bottom of the fuel tank to remove drain and a fuel/water separator (filter) in the fuel piping.
- Make sure the inside of the fuel tank and fuel lines have been thoroughly cleaned.
- Fill the fuel tank with recommended fuel.

### **⚠ DANGER**

- Use only diesel fuel. Never use other fuels, including gasoline, kerosene, etc., because they could cause a fire. Be sure to check that you have selected diesel fuel before filling the fuel tank.
- Be sure to stop the engine and confirm that there are no open flames in the vicinity before supplying fuel.
- If you spill fuel, wipe such spillage carefully.



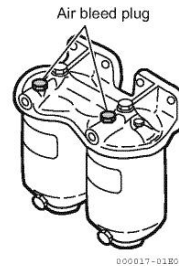
## Bleed the fuel oil system

If air enters the fuel system, the fuel injection pump does not work correctly.

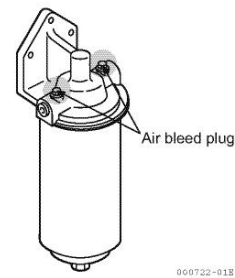
Bleed the fuel system and obey the following procedure when you fill fuel oil to the fuel tank for the first time, perform maintenance (such as replacing the fuel filter) of the fuel system, after the fuel oil has run out, and there is a failure at startup.

1. Check the fuel oil level in the fuel tank and open the fuel cock (or valve).
2. Loosen the air vent plug on the top of the fuel/water separator (option).  
When fuel oil without air bubbles comes out of the air vent plug hole, tighten the air vent plug.
3. Loosen the air vent plug on the top of the fuel filter.
4. Fill the fuel oil with the fuel priming pump.
  - 1- The knob on the top of the priming pump rises when you turn it counterclockwise.
  - 2- Repeat moving the knob up and down continuously by hand.  
Fuel oil with air bubbles comes out of the air vent plug hole of the fuel filter.
5. When fuel oil without air bubbles comes out of the air vent plug hole, tighten the air vent plug.
6. After you discharged air, screw the priming knob tight while pressing it down.

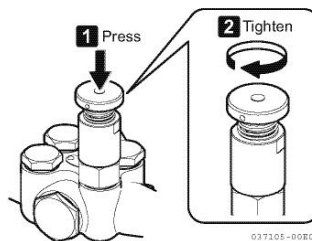
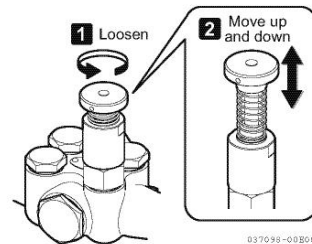
Fuel/water separator (option)



Fuel filter



Priming pump



## Lubricating Oil

As it is necessary to keep oil level correctly, obey following procedure when you fill the engine lubricating oil.

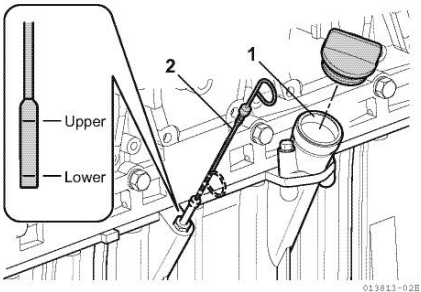
1. Remove the oil filler cap (1).
2. Fill recommended oil to the upper level mark on the dipstick (2) while checking the level with the dipstick (2).

Oil capacity	Shallow oil pan	53 ℓ
	Standard oil pan	91 ℓ

3. Install the oil filler cap.

### NOTICE

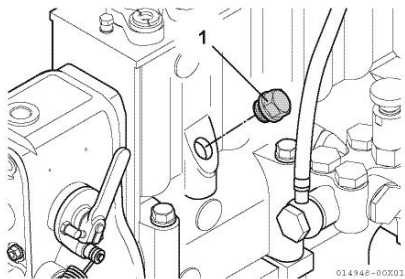
- Be sure to stop the engine before refilling.
- When checking the oil level, insert the dipstick fully.
- Do not overfill with oil, as this may cause oil to be sprayed out from the breather and damage the engine.



4. Remove the oil filler plug (1) attached to the fuel injection pump.
5. Fill with recommended lubrication oil to the pump.
6. Install the oil filler plug.

Fuel injection pump oil capacity	1.5 ℓ
----------------------------------	-------

7. Fill the marine gear box with what the marine gear manufacture recommended oil up to the proper level.



## Cooling System (Seawater and Coolant)

1. Be sure to check the condition of tighten all the coolant drain cocks before filling coolant.
2. Remove the air vent plug on the thermostat cover of the coolant tank.
3. Remove the filler cap of the coolant tank.
4. Fill the coolant tank with coolant up the filler neck.
5. Fill the reservoir tank with coolant up to the upper level (FULL) mark.

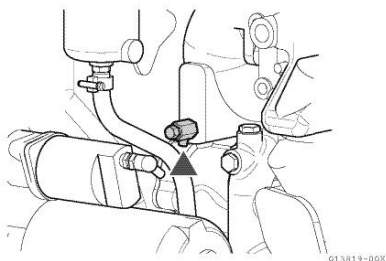
Coolant capacity	Engine	65 ℓ
	Reservoir tank	3 ℓ

### NOTICE

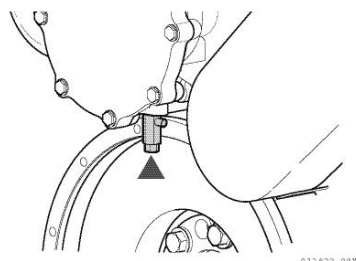
- Always fill with clean coolant.
- Always use coolant mixed with LLC.

6. Tighten the air vent plug on the thermostat cover.
7. Tighten the filler cap securely.
8. Check to be sure that the joint of the overflow pipe between the reservoir tank and coolant tank are securely tightened.
9. Tighten the side cover bolts of the seawater pump.

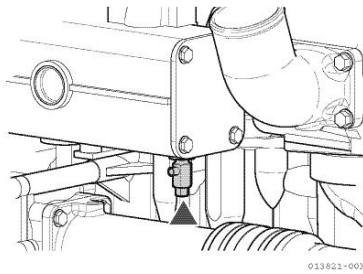
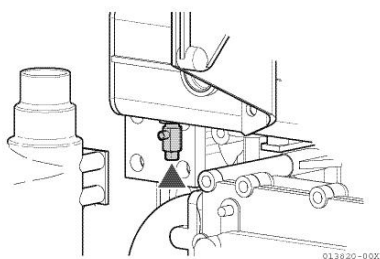
Cylinder block



Water pump (coolant)

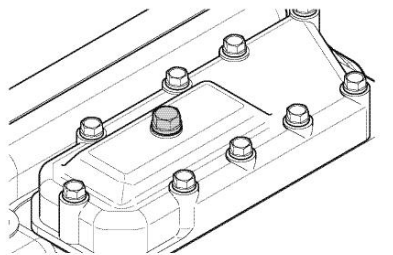


Exhaust manifold



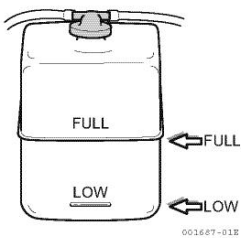
18 — RUNNING-IN

Air vent plug on the thermostat cover



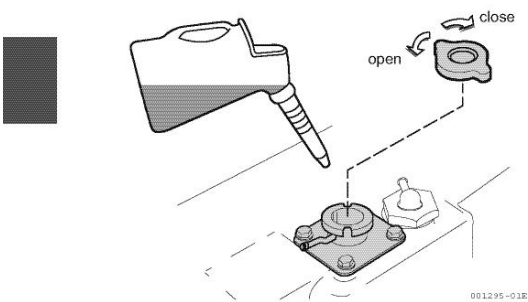
013623-00X00

Coolant reservoir tank



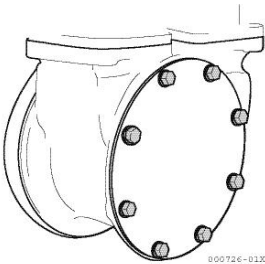
001667-01E

Coolant filler cap



001295-01E

Seawater pump

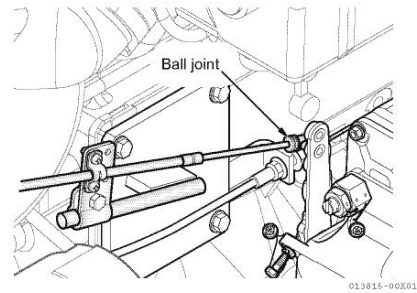


000726-01X

## Lubrication

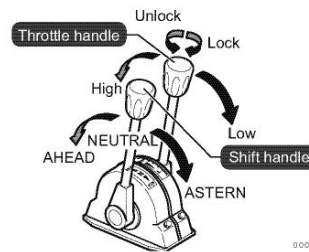
Apply grease to the lubricating points on the ball joints of remote control cable (for the governor).

Governor



## Remote Control Device (Option)

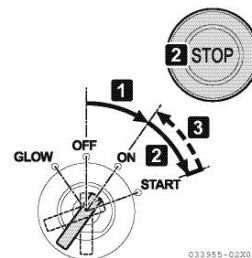
1. Operate the throttle handle from the position "L" to the (full) position "H" and check that the governor lever at the governor moves into correct position. Adjust the control cable if necessary.
2. Operate the shift handle into "AHEAD", "NEUTRAL" and "ASTERN" and check that the marine gear control lever at the shift moves into correct positions. Adjust the control cable if necessary.



## Cranking

Oil reaches all moving parts of the engine sufficiently, crank the engine according to the following procedure.

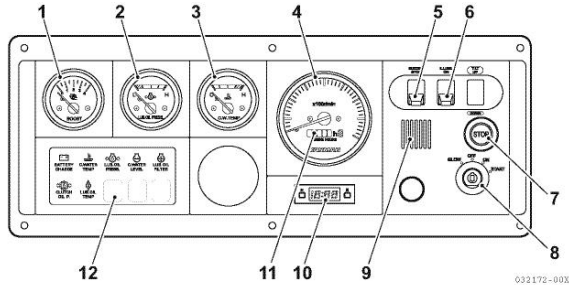
1. Open the sea cock.
2. Set the shift handle into the "NEUTRAL" position.
3. Set the throttle handle into the "L" position.
4. Turn the battery switch "ON".
5. Start cranking.
  - 1-Put the key in the starter switch and turn it to the ON position.
  - 2-Pull the engine stop lever or press the "STOP" button of the instruments while turning the key to the START position to start the cranking.
  - 3-Cranking time is 5 seconds; check for abnormal sounds during that time. Release your hand after cranking.



# Instruments Check before Starting

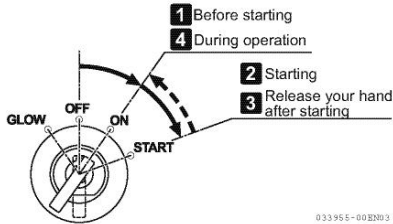
Turn the starter key to the "ON" position.

1. The needle of the oil pressure gauge should indicate "0".
2. Make sure that the coolant temperature gauge operates properly.
3. The hourmeter should be working.
4. With the illumination switch ON, the illumination lamps of the LO. pressure gauge, the boost pressure gauge, the tachometer, and the coolant temperature gauge should all come on.

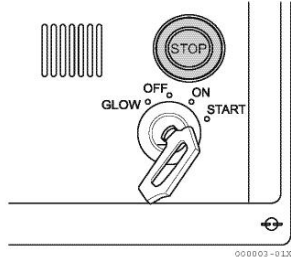


- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1 - Boost pressure gauge                  | 7 - Engine stop button              |
| 2 - Engine lubricating oil pressure gauge | (Keep pressing until engine stops.) |
| 3 - Coolant temperature gauge             | 8 - Starter switch                  |
| 4 - Tachometer                            | 9 - Buzzer                          |
| 5 - Buzzer switch                         | 10 - Clock                          |
| 6 - Illumination switch                   | 11 - Hourmeter                      |
|   | 12 - Alarm display                  |

Starter switch



Stop button



## ● Buzzer

If one of the alarm lamps mentioned on the next page comes on, the buzzer will sound intermittently. However, no buzzer will sound when the charge lamp and lubricating oil filter clogged alarm lamp comes on.

## ● Alarm lamps

When any failure occurs, the corresponding alarm lamp will come on.

## ● Buzzer stop switch

The switch is used to pause the buzzer sound. Do not turn off the buzzer stop switch unless you check for a failure.

## ● Illumination switch

The switch is used to illuminate the instrument panel.

### ● Tachometer

It shows the engine speed by  $\text{min}^{-1}$  (rpm).  
The read value can be used as a guide for judging the load condition and the boat speed.

### ● Hourmeter

It shows accumulate operation time.  
The read value can be used as a guide for periodic maintenance checks. The information is displayed in a window inside the tachometer.

### ● Engine lubricating oil pressure gauge

It shows the engine oil pressure by  $10^{-1}$  MPa. The red zone is caution and dangerous zone. The read value can be used as a guide for judging whether the engine is lubricated properly to prevent accidents.

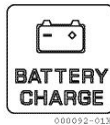
### ● Coolant temperature gauge

It shows the coolant temperature by  $^{\circ}\text{C}$  (centigrade).  
The red zone is caution and dangerous zone of high temperature.  
The read value can be used as a guide for judging whether the engine is cooling properly to prevent accidents.

### ● Boost pressure gauge

It shows the air pressure that flows to the combustion chamber by  $10^{-1}$  MPa.  
The read value can be used as a guide for judging whether the turbocharger is working properly to prevent accidents.

## Alarm devices



### BATTERY CHARGE

Comes on if the charge is abnormal. The buzzer will not sound. Check for failures such as a slip or broken V-belt in the alternator.



### COOLANT TEMPERATURE HIGH ALARM LAMP

Comes on if the coolant temperature becomes abnormally high. Continuous operation at temperatures exceeding the maximum will result in damage and seizure. Check the load and the water cooling system for any abnormalities.



### LUBRICATING OIL PRESSURE LOW ALARM LAMP

Comes on if the engine lubricating oil pressure drops below the lower level. Continuous operation with insufficient oil will result in damage and seizure. Check the oil level.



### COOLANT LEVEL LOW ALARM LAMP

Comes on if the coolant level drops below the lower level. Continuous operation at below the lower coolant level will rise the coolant temperature and will result in damage and seizure. Check the coolant level. In addition, check that there is no leakage from the cooling system.



### LUBRICATING OIL FILTER CLOGGED ALARM LAMP

Comes on if the lubricating oil filter is clogging. The buzzer will not sound. Replace the filter element (cartridge) as soon as possible.



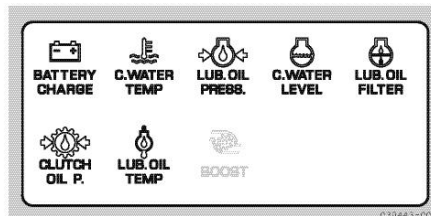
### MARINE GEAR LUBRICATING OIL PRESSURE LOW ALARM LAMP

Comes on if the marine gear lubricating oil pressure drops below the limit level. Continuous operation with insufficient oil will result in damage and seizure. Check the marine gear lubricating oil level. It is useful if it is coupled with YANMAR marine gear.



### ENGINE LUBRICATING OIL TEMPERATURE HIGH ALARM LAMP

Comes on if the engine lubricating oil temperature becomes abnormally high. Continuous operation at temperatures exceeding the maximum will result in damage and seizure. Check the failures in the seawater cooling system.



## Rechecking after Starting

When a new engine is operated for the first time, the oil level of the oil pan will drop due to the engine oil circulating to the oil cooler, oil filter, etc.

Therefore, stop the engine after operating for two to three minutes.

Wait for about five minutes and then check the following items:

- Check the engine oil level with the dipstick, and add oil up to the upper level if necessary.
- Check the marine gear oil level with the dipstick, and add oil up to the upper level if necessary.
- Check the coolant level of the coolant reservoir and the coolant tank.

Add coolant to the upper level if necessary.

### DANGER

**Never remove the filler cap when the engine is hot (above 60 °C).**

**The coolant is under pressure and severe scalding could result.**

---





## OPERATION

Prior to starting the engine, check to see if there is nothing nearby the engine, particularly the rotating parts that may cause damage.

### Starting

#### Electric starter motor starting

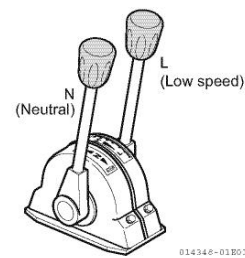
1. Move the shift handle to the neutral position "N".
2. Move the throttle handle to the position "L".
  - Before starting engine
    - 1- Turn ON the battery switch.
    - 2- Put the key in the starter switch.

Turn the key from the OFF to ON position and check that alarm devices are shown in the table "Normal function of alarm devices" on page 24 are working properly.

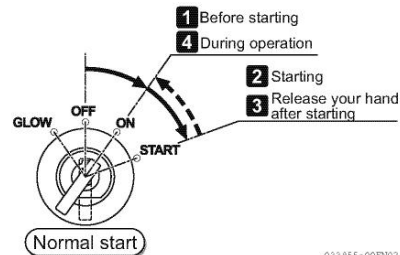
    - The buzzer sounds briefly (for approx. 1 second).
    - The battery charge lamp should sequentially-lighted; other alarm lamps should lighted and off after approx. 3 seconds.
3. Turn it to the "START" position. Once the engine starts, release your hand from the key. Then it will return to the "ON" position automatically. With the key in the "ON" position, the power source of the instruments and warning devices is engaged.

#### NOTICE

- If the engine did not start, do not continue cranking for longer than 15 seconds at any one attempt. Allow at least 30 seconds of rest between attempts. This will permit the battery to recover and prevent to over heat the starter.
- When restarting, turn the starter switch after stopping the engine completely.  
If the starter switch is turned on before the engine comes to a complete stop, serious damage to the starting motor pinion and ring gear of flywheel may result.



Starter switch



## 24 — OPERATION

### 4. Checking the alarm devices just after starting engine.

- Turn the key from the START to ON position and check that alarm devices are shown in the table below "Normal function of alarm devices" are working properly.

- The buzzer stops.
- All alarm lamps go off.

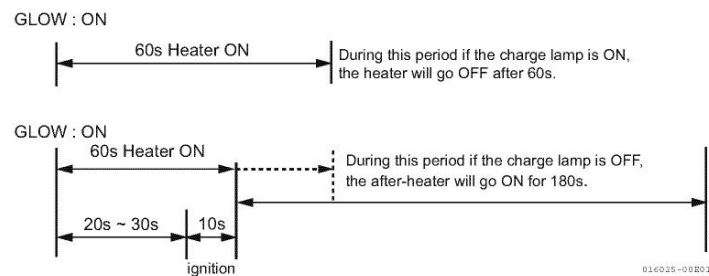
By performing these procedures, it can be determined whether or not the electric circuit of the buzzer and alarm lamps is in good working order. If there is any problem, consult your authorized YANMAR dealer or distributor for investigation and repair.

Normal function of alarm devices		
Starter switch operation	Before starting OFF→ON	After starting START→ON
Buzzers	ON	OFF
Alarm lamps		
Battery charge lamp	ON	OFF
Coolant temperature	ON briefly	OFF
Engine lubricating oil pressure	ON briefly	OFF
Marine gear lubricating oil pressure	ON briefly	OFF
Coolant level	ON briefly	OFF
Lubricating oil filter clogged	ON briefly	OFF
Engine lubricating oil temperature	ON briefly	OFF

## Cold start (option)

### ■ Air heater operation

1. When starting during cold condition, first turn the starter switch to GLOW (for a few moments) to activate the heater.
2. Next, after 20 - 30 seconds turn the starter switch to START. When the engine starts, the microcomputer catches the engine revolution and activates the after-heater which remains on for 3 minutes.
3. The heater will operate for a maximum of 1 minute before the after-heat mechanism is activated. During this period if the engine does not start, the after-heater will not be activated. Start the engine within 1 minute after turning the key to "GLOW".
4. When starting under normal conditions, the "GLOW" position is not used, and the heating mechanism is not activated.



### ■ Procedure

1. Put the shift handle in "N".
2. Put the throttle handle at low idle position.
3. Turn the starter switch key to "GLOW" (for a moment).
4. After 30 seconds, turn the key to "START", and the engine starts.
5. Release your hand from the key after starting; the key will return automatically to "ON".

## Notice after starting

- With the shift handle in the neutral position, observe the following instructions after starting.
  - After starting, set the engine speed to 600 min<sup>-1</sup> (600 rpm).
  - Make sure that seawater is coming out from the cooling water (seawater) outlet.
  - Check that the battery charge warning lamp (CHARGE) turning off consequently.
  - Make sure that the coolant temperature gauge, on the instrument panel, reads 40 °C or more.

### NOTICE

Do not turn off the key in the starter switch and the battery switch in the "OFF" position when operating the engine.

## Air Motor Starting System (Option)

1. Make sure the air reservoir and the regulator valve are at the specified pressure.

Air reservoir: 2.45 - 2.94 MPa (25 - 30 kgf/cm<sup>2</sup>)

Regulator valve setting: 0.69 - 0.97 MPa (7.0 - 9.9 kgf/cm<sup>2</sup>)

2. Check the oil level in the oiler.

1- When supplying oil, remove the filler plug and add oil until it reaches the upper limit of the level gauge.

[capacity: 220 ml]

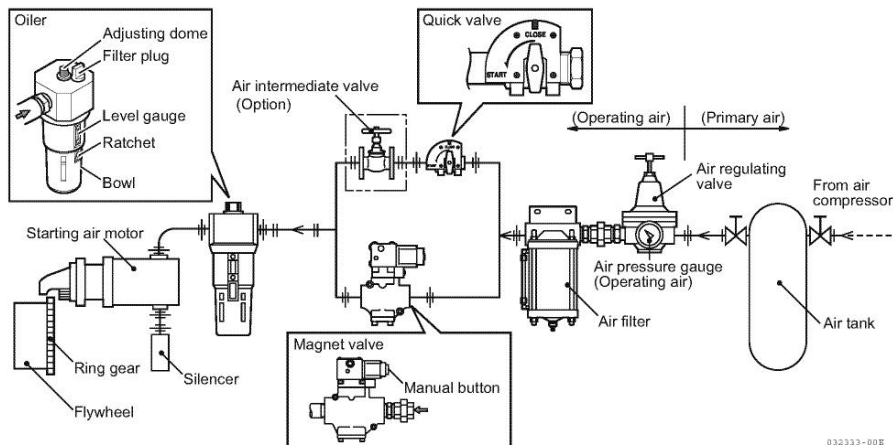
\* When removing the bowl and supplying oil, loosen the filler plug to release the internal pressure.

2- When starting the engine, make sure that the inside of the adjusting dome is brimming with oil while the air motor is running.

\* The amount of oil to be applied to the air motor is adjusted by turning the adjusting dome. However, since the adjusting dome has already been adjusted when shipped from the factory (one turn back from the closed condition), it does not need to be adjusted. (Turning the adjusting dome counterclockwise allows the amount of oil increase.)

### ■ Local starting

- Manual starting version: Open the quick valve and then close it immediately after the engine starts.
- Remote automatic starting version: Press the manual button on the starter solenoid. Release the button immediately after the engine starts.



032333-00E

### ■ Air motor's oiler oil selection

- Selection of air motor's oiler oil is shown the following table. Oiler oil is based on the ambient temperature.

Temperature range	Lubricating oil type
5 to 60 °C	ISO VG32 (e.g. Turbine oil #90)
-15 to 5 °C	ISO VG15 (e.g. #90 refrigerating machine oil)

## Notice while Running with Load

While running the engine, pay attention to the following.

If problem occurs during operation, try to find the cause. If the cause cannot be found and the vessel is able to continue operation, return to port at a low speed. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor after return.

### ■ Cooling water (seawater)

Make sure that water is coming out from the cooling water (seawater) outlet.

When water is coming out intermittently or in small volume, check the following.

- Air in the cooling system.
- Faulty cooling seawater pump impeller.
- Clogged cooling seawater pipe and sea cock.

### NOTICE

Never operate the engine if the seawater pump is not sucking up water. The seawater pump impeller will seize and become impossible to use again.

### ■ Coolant

Normally, the coolant temperature during running with load is 75 - 85 °C.

If the temperature exceeds 85 °C, check the following.

- Water leakage (temperature and coolant level warning devices may activate)
- Faulty water pump (coolant) or clogged coolant passage
- Faulty seawater pump or clogged seawater passage
- Insufficient coolant volume
- Heat exchanger restriction

### ■ Color of exhaust gas

Black smoke is a sign that the engine is overloaded. Such operation will shorten the life of intake and exhaust valves, piston rings, cylinder liners, turbocharger and particularly fuel injection nozzles. Avoid continuing operation if black smoke is being emitted.

### ■ Water leakage, oil leakage and other operational conditions

Always check whether there are water leakage, oil leakage, gas leaks, loose fasteners, and abnormal noise or temperature, low oil pressure and vibration or not.

### ■ Avoid operating the engine speed at critical speed

Avoid operating the engine speed that produce resonance (critical speed). Depending on the construction of hull, the engine and ship resonate at a certain rate of revolutions, and vibration may suddenly become great.

## 28 — OPERATION

### ■ Alarm devices

When the buzzer sounds during engine running, at first check which alarm lamp is on, immediately set the engine speed to low speed and stop the engine, and then try to find the cause.

### ■ Long time operation at low speed

When the engine is operated for more than 4 hours at low speed, set the shift handle to the "NEUTRAL" position, and increase the engine speed without load for 1 minute at about  $1800 \text{ min}^{-1}$  (rpm) to discharge residue from cylinders every 4 hours operation.

### ■ Operation of shift handle

Be sure to operate the throttle handle at a low speed (less than  $1000 \text{ min}^{-1}$  (rpm)).

If the marine gear is engaged or disengaged during high-speed or if it is used under half-clutch, the marine gear will damage or its life will be shortened.



## Stopping

To stop the engine, set the shift handle to the "NEUTRAL" position, and perform the after no-load running at a low speed (600 - 700 min<sup>-1</sup> (rpm)) for about five minutes.

### NOTICE

If the engine stops at hot condition due to over heating, the temperature of the coolant and various engine parts will rise abruptly, and the engine may be damaged.

1. Press and hold the STOP button or pull and hold the engine stop lever until engine has stopped.
2. Set the starter key switch to the "OFF" position after stopping engine.
3. Remove the key from the starter switch, and turn off the battery switch.
4. Close the fuel cock.
5. Close the sea cock.
6. While the engine is still warm, wipe off dust and dirt from the engine.

### NOTICE

- Storing the engine without draining may cause the seawater left inside the engine to freeze and damage to parts (heat exchanger, seawater pump) in the cooling water passage.
- Always use LLC in the coolant system.

## Long-Term Storage

### Storing engine for a long time

---

When the engine will not be used for a long term, perform the following.

Consult your authorized YANMAR dealer or distributors.

- Choose a dry, dust-free location for storage.
- In cold climate, make sure that you fully drain cooling coolant and seawater from both cooling systems.
- Loosen the V-belt.
- Disconnect the battery terminals from the engine, and store the battery fully charged. Charge the battery once a month to compensate for the battery's self discharge.
- Remove any dirt, grime, or oil on the exterior and wipe it clean, and apply a coat of antirust agent or clean oil.
- Cover the exhaust pipe, intake, and electric devices with vinyl sheets to guard against moisture and dust.

### Operating after long-term storage

---

Follow the steps below when restarting an engine which has been stored for 6 months or longer.

- Install full charged battery.
- Refer to [RUNNING-IN] before starting.
- Remove the rocker cover, and apply lubricating oil to the rocker arms.
- Check the cracks of the V-belt and adjust the V-belt tension.
- Check the damage of the impeller of the seawater pump.
- Perform cranking before operation to distribute lubricating oil to all of the parts.



# CHECKING AND SERVICING THE TURBOCHARGER

### ■ Wash the pre-filter

A pre-filter removes contaminations in the air and keeps the engine output in good condition.

1. Wash the pre-filter with a neutral detergent.
2. Wash the pre-filter with tap water, dry it sufficiently, and install.

### ■ Wash the blower

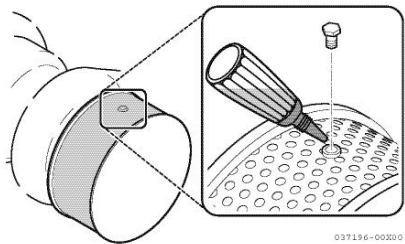
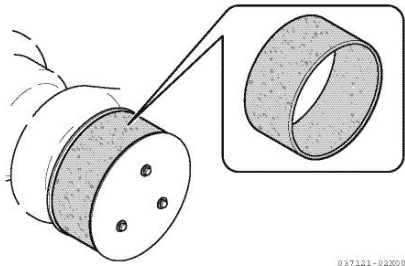
If the turbocharger blower is contaminated, the blower speed decreases and the boost pressure drops, causing the engine output to fall. Wash the blower, if the boost pressure drops (approx. 10 % pressure drop compared with normal condition).

1. Prepare the blower wash fluid, freshwater, and oiler.
2. Remove the pre-filter from the intake silencer, and remove the water filler plug.
3. During the load operation, fill 50cc of the blower wash fluid slowly from the water filler in approx. 10 seconds.
4. Approx. 3 minutes after filling the blower wash fluid, fill 50 cc of the freshwater from the water filler in approx. 10 seconds.
5. Continue the load operation for approx. 10 minutes to dry and check the output recovery.
6. Repeat the above washing operation for 3 to 4 times, if the performance is not recovered. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor for repair.

Interval	Pre-Filter	When the boost pressure drops by 10 % in comparison with the trial run. Or every 250 hours.
	Blower	

### NOTICE

Do not fill a large amount of the wash fluid and freshwater at once. It may result in a water hammer accident.



## PERIODICAL MAINTENANCE

- Periodical maintenance is an important factor in keeping the engine in the best condition. In accordance with operating hours given in the following maintenance schedule, perform periodic maintenance.
- When the parts are disassembled for checking and/or servicing, reassemble them properly.
- Please contact your authorized YANMAR dealer or distributor to inspect your engine or to replace any parts if you will.
- Consult your authorized YANMAR dealers or distributor about scheduling the engine overhaul.

### Periodic Maintenance Schedule

○: Check   ⊙: Replace   ●: Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Item			Service period						Remarks
			Daily	Every 50 hrs	Every 250 hrs	Every 500 hrs	Every 6 months	Every year	
Fuel system	Check fuel level and refill		○						
	Drain fuel tank deposit and water		○ (When replenished)						
	Drain fuel filter			○					
	Drain fuel-water separator deposit and water			○					
	Replace fuel filter and fuel/water separator					⊙			
Lubrication system	Check oil pressure		○						
	Check oil level and refill (oil pan)		○						
	Replace oil filter			⊙ (1st time)		⊙			
	Clean by-pass filter			○ (1st time)	○				
	Clean oil cooler							●	
	Replace oil (oil pan)	Standard				⊙			
					⊙				
		Shallow				⊙			Per 300 running hrs.
					⊙				Per 150 running hrs.
Cooling seawater system	Check cooling seawater discharging condition		○						
	Replace seawater pump impeller							⊙	
	Check and replace zinc anodes	Heat exchanger			○	⊙			
		Air cooler			○	⊙			
	Clean seawater system							●	
Cooling coolant system	Check coolant temperature		○						
	Check coolant level		○						
	Change coolant							⊙	
	Clean coolant system							●	
	Check and clean thermostat							●	
	Check water leakage from mechanical seal		○						
	Replace mechanical seal							●	Replace if found water leakage

# PERIODICAL MAINTENANCE — 33

○: Check    ⊙: Replace    ●: Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Item		Service period						Remarks
		Daily	Every 50 hrs	Every 250 hrs	Every 500 hrs	Every 6 months	Every year	
Fuel injection pump and nozzle	Check injection timing			● (1st time)		●		
	Check deflector						●	
	Check major parts						●	
	Check injection pressure and spray form				● (1st time)	●		
	Check nozzle carbon				● (1st time)	●		
	Replace injection nozzle						●	
Cylinder head	Check and adjust valve clearance		● (1st time)			●		
	Check valve rotator, stem seal, valve spring						●	
	Check oil feeding condition of rocker arm			●				
Fuel feed pump	Check major parts						●	
	Replace oil seal						●	
	Check oil leakage from oil seal	○						
Crank-shaft	Measure and adjust deflection					●		
Turbo charger	Clean pre-filter and washing blower			○				
	Replace pre-filter						⊙	
	Check air/gas leakage	○						
	Check major parts						●	
	Clean air cooler						●	
	Check and adjust the governor link				●			
	Check and adjust remote control cables		○ (1st time)			○		
	Re-tighten hose clips (Fuel, lubricating oil, cooling water, breather and air line)		○ (1st time)			○		
	Check rubber hoses (Fuel, lubricating oil, cooling water, breather and air line)						○	
Electric device	Check tachometer	○						
	Check alarm lamp	○						
	Check battery electrolyte level and specific gravity			○				
	Check battery terminals						○	
	Check alternator V-belt tension		○ (1st time)		○		⊙	
	Check wire harness					○		
	Check temperature and pressure switch						●	
Exterior	Check looseness of bolts and nuts	○						
	Check water/oil/gas leakage at various parts	○						

# Fuel System

(For fuel system diagram, refer to [Bleed the fuel oil system] on page 15.)

## ■ Fuel level check

Service period	Daily
----------------	-------

Refill as required.

## ■ Fuel tank deposit draining

Open the drain cock on the tank to drain out sediment and water at the tank bottom.

Service period	Daily
----------------	-------

## ■ Fuel filter and fuel/water separator draining

Remove the drain plug to drain water from the fuel filter and fuel/water separator.

Service period	Every 50 hours
----------------	----------------

## ■ Replace element of fuel filter and fuel/water separator

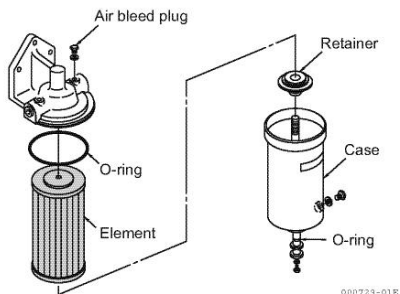
Service period	Every 500 hours
----------------	-----------------

Loosen the bolt in the center of the fuel filter and remove the filter case and element.  
Replace the element with a new one.  
When installing the new element and case, use new O-rings; tighten the center bolt securely.

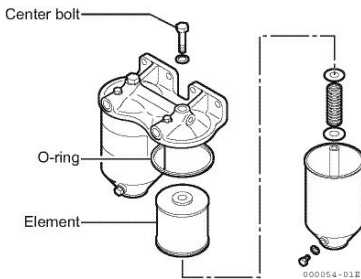
### NOTICE

- Before installing the element, clean the inside of the filter case.
- Do not forget to install the spring, retainer and O-rings.
- After replacing the element, be sure to bleed air from the fuel system.

Fuel filter



Fuel/water separator



## Lubricating Oil System

### ■ Oil level checking

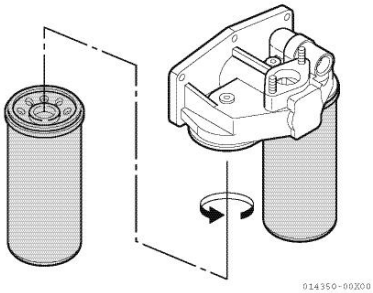
Check the oil level with the dipstick. Oil level must be maintained between the upper and lower level marks on the dipstick. Add the recommended oil up to the upper level mark, if necessary.

Service period	Daily (prior to operation)
----------------	----------------------------

### ■ Replacement of oil filter

1. Remove the filter with the filter wrench. (Turn to the left.)
2. Before installing the filter, carefully wipe the installation side and apply lubricating oil to the packing surface.
3. Tighten the lubricating oil filter fully by hand, and then use a filter wrench to further tighten the filter. (Turn to the right.)
4. Check for oil leakage during operation.

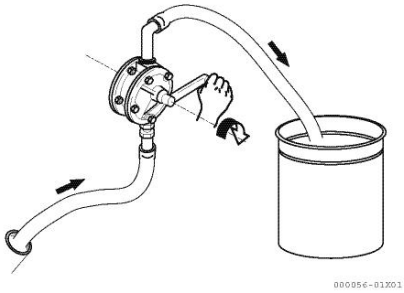
Service period	1st time	50 hours
	2nd time and after	Every 500 hours



### ■ Engine oil change

Wait for about one to two hours after stopping the engine, connect the end of the rotary pump rubber hose to the oil drain port, and drain oil. Fill the oil pan with recommended oil.

Service period	1st time		50 hours
	2nd time and after	Standard oil pan	Every 500 hours (gas oil)
			Every 250 hours (diesel oil)
	2nd time and after	Shallow oil pan	Every 300 hours (gas oil)
			Every 150 hours (diesel oil)



### ■ Cleaning of lubricating oil bypass filter

The lubricating oil system is equipped with a lubricating oil bypass filter.

#### NOTICE

Stop the engine before cleaning the bypass filter.  
If you disassemble the bypass filter while the engine is running, oil mist may be blown off, causing burns.

Disassembly and cleaning

Service period	1st time	50 hours
	2nd time and after	Every 250 hours

#### ● Disassembly

Disassemble and clean the lubricating oil bypass filter according to the following procedures.

1. Loosen the cap nut and then remove the cover.
2. Loosen the nut and remove the rotor body.
3. Loosen the lock nut and remove the rotor cover, then remove the insulator and spring.
4. Remove the sludge inside the rotor with a spatula.

#### NOTICE

Completely remove the sludge. Otherwise, residual sludge may cause an unbalance in rotation, resulting in damage to the bearing of the spindle shaft.

5. Check for clogging of the nozzle and clean the nozzle a brass wire brush.
6. Check each part and the O-rings. If any damage or excessive wear is found, replace the part.

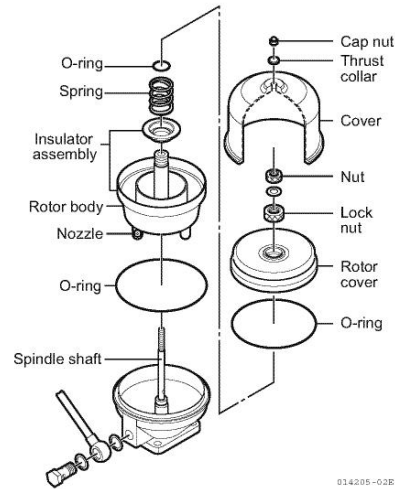
#### ● Assembly

Assemble the filter in the sequence reverse to disassembly while observing the following precautions.

1. Install the insulator spring into the rotor body and cover the rotor body with the rotor cover.

#### NOTICE

Ensure that the fitting of rotor and rotor cover is secure. When the fitting is not aligned, the rotor speed becomes unbalanced and it may damage the equipment.



2. Tighten the rotor cover to the rotor body with a lock nut.

Lock nut tightening torque	Hand-tighten
----------------------------	--------------

3. Insert the rotor to the spindle shaft and tighten the nut by hand-tighten

Nut tightening torque	Hand-tighten
-----------------------	--------------

4. Cover the cover, install the thrust collar (upper), and tighten the cap nut.

Cap nut tightening torque	9.8 N·m (1.0 kgf·m)
---------------------------	---------------------

#### **NOTICE**

Avoid overtightening the nut and cap nut. When the cap nut is overtightened, the tightening power is lost during loosening at the next time and it may cause the spindle shaft to loosen.

5. While operating the filter, make sure oil does not leak from connected sections. Also, make sure the filter is not vibrating abnormally.



# Cooling Water System (Seawater and Coolant)

## Seawater system

### ■ Discharging seawater

From time to time during operation, check if water is coming out of the seawater outlet pipe. If water comes out intermittently or its volume is low during a high-speed run, stop the engine immediately, and check for the cause.

Service period	Daily (durings operation)
----------------	---------------------------

### ■ Checking and replacement of zinc anodes

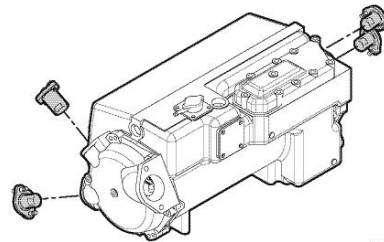
Remove the zinc anode and scrape or remove with a wire brush the coating on the zincs. If more than 50 % of the zinc is corroded away, it should be replaced with new zinc.

Zinc anodes are built into the following places:

	Q'ty
Heat exchanger .....	4
Air cooler .....	4

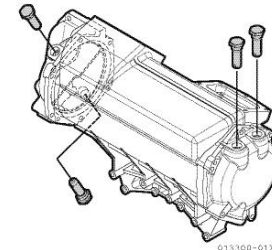
Service period	Checking	Every 250 hours
	Replacement	Every 500 hours

Heat exchanger



013295-01X

Air cooler



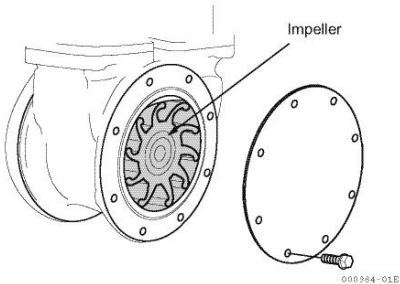
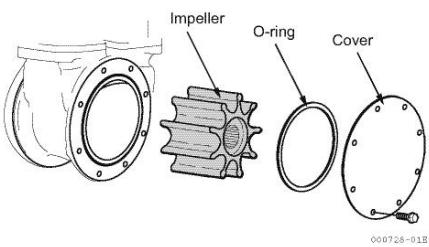
013300-01X



■ Replacement of seawater pump impeller

- 1. Remove the seawater pump cover and pull out the impeller. Check the wear plate and cover for wear or damage.
- 2. If the wear plate and cover are excessively worn, replace them with new ones.
- 3. When reassembling the pump, apply grease to the fitting area of the pump shaft and impeller, both end faces of the impeller and the tip of impeller blades.
- 4. When installing the impeller, position blades of the impeller as shown in the illustration at right.

Service period	Every year
----------------	------------



■ Seawater system cleaning

As the engine is used, coolers become foul, their cooling effect worsens, and coolant and intake air temperature becomes abnormally high. Consequently, eliminate fouling of the seawater system, coolers in particular. To clean the seawater system, consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Service period	Every year
----------------	------------

## Coolant system

### ■ Coolant level checking

Check the coolant level before starting the engine in the cold condition.

1. Remove the filler cap from the coolant tank, and check coolant level.

The level should be at the filler neck. If the level is low, add coolant up to the filler neck.

#### DANGER

**Do not remove the filler cap when the engine is hot (above 60 °C).**

**The coolant is under pressure and severe scalding could result.**

2. On the coolant system with reservoir tank, check the coolant level in the reservoir tank. The level should be between the "FULL" and "LOW" level marks. Add coolant up to the "FULL" mark.

Service period	Daily
----------------	-------

### ■ Water pump (coolant) leakage checking

Leakage of coolant may cause serious problems, such as seizure of the engine, as the volume of coolant decreases.

If there is water leakage, consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Service period	Daily
----------------	-------

### ■ Coolant system cleaning

As the coolant system becomes dirty naturally, cooling efficiency worsens, and coolant temperature becomes abnormally high (above 85 °C) when the engine is operated for long time: clean the coolant system periodically. At the same time, clean the thermostats. As for periodic servicing, consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Service period	Every year
----------------	------------

■ Coolant change

Service period	Every year
----------------	------------

**NOTICE**

- Be sure to replace the coolant at the specified time.
- Be sure to follow the correct mixture ratio for Long Life Coolant (LLC). (Refer to [Coolant])

Turbocharger

■ Clearing of prefilter and turbocharger

Refer to [CHECKING AND SERVICING THE TURBO-CHARGER].

■ Checking each joint area

Check the turbocharger-to-charge air cooler and turbo-charger-to-exhaust manifold connections for damage or leaks.

Service period	Daily
----------------	-------

Injection Nozzle

■ Replacement

Remove the injection nozzle, and replace it with a new one.  
Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

Service period	Every year
----------------	------------



## Remote Control Cables

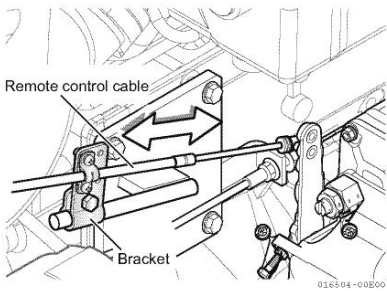
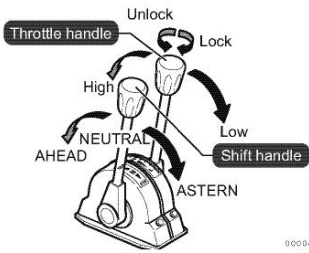
### ■ Throttle handle

Operate the throttle handle from the position “L” to the position “H”, and check if the governor lever at the governor moves into the correct position. If there is disalignment between the throttle handle and the governor lever in their position, adjust the control cable by changing the clamping position of the bracket.

### ■ Shift handle

Check if the control lever at the marine gear moves when the shift handle is operated in the ahead, neutral and astern positions. If there is a disalignment between the lever and the handle, adjust the control cable by changing the clamping position of the bracket.

Service period	1st time	50 hours
	2nd time	Every 6 months



# Electrical Parts

## ■ Checking the alarm devices

Service period	Daily
----------------	-------

## ■ Checking the battery fluid level

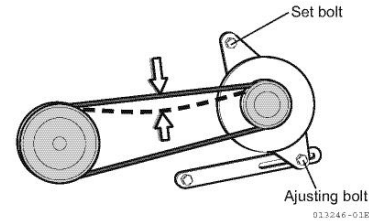
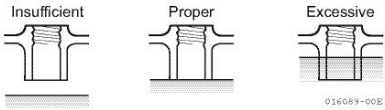
Battery electrolyte decreases as charging and discharging are repeated. Check normal electrolyte level is 10 - 20 mm above the pole plates. If level is low, add distilled water, refer to the illustration at right.

Service period	Every 250 hours
----------------	-----------------

## ■ Alternator drive belt tension

If tension of the V-belt is too strong, wear and tear of the V-belt are more rapid. If too weak, V-belt slips and the alternator does not charge. Check if the belt deflection is 10 - 12 mm by pushing the center of the belt between the pulleys with a finger.  
To adjust, adjusting bolts and move the alternator until the proper belt tension is obtained.

Deflection	10 - 12 mm (pressed by 98 N)	
Service period	1st time	50 hours
	2nd time	Every 500 hours



# Valve Clearance Adjustment

Consult your authorized YANMAR dealer or distributor about adjusting the valve clearance.

Valve clearance	Intake	0.3 mm
	Exhaust	0.5 mm
Service period	1st time	50 hours
	2nd time	Every 6 months

## TROUBLESHOOTING AND COUNTERMEASURES

---

The causes of abnormalities and troubles are diverse, and they break out from composite factors.

Catching a change in running performance and referring to the record of maintenance and servicing date and the history of part replacement, locate the cause early and take the proper countermeasures.

- **Starting failure**
  - Flywheel not turned
  - Flywheel turned, but ignition not taken place
- **Rotational speed dropped spontaneously**
- **Output of each cylinder not in uniformity**  
(Dispersion of the exhaust temperature is large among cylinders)
- **Bad color of exhaust gas**
- **Lubricating oil pressure dropped below the specified pressure**
- **Unusual sounds heard (knocking occurred) during operation**
- **Coolant temperature too high**
- **Exhaust temperatures of all the cylinders too high**
- **Engine stopped suddenly**

### NOTICE

- Although some failures can be solved by the user, others are not. For failures that require disassembly for repair and servicing or those that are not covered in this chapter, consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
  - If you judge that you can continue using the engine after inspection, cruise at a slow speed to return to port and, when landed, ask for repairs. If you cannot judge on your own, ask your authorized YANMAR dealer or distributor.
  - Do not operate the engine if alarm devices are not working properly. Doing so may lead to a severe accident in case of a failure because you will not receive any alarm notifications.
-

## Starting failure

### Flywheel not turned

Cause	Countermeasure
1. Electric starting system <ul style="list-style-type: none"> <li>• Battery voltage drop</li> <li>• Failure of starter motor</li> </ul>	Charge the battery. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
2. Air starting system <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clogging of air filter or silencer</li> <li>• Failure of air starter</li> </ul>	Check and clean the filter or silencer. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
3. Too high viscosity of lubricating oil	Change the correct lubricating oil with a low-viscosity one.
4. Seizure of moving part <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seizure of piston and cylinder liner</li> <li>• Seizure of main bearing and/or camshaft bearing</li> </ul>	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

### Flywheel turned, but ignition not taken place

Cause	Countermeasure
1. Fuel oil not sent under pressure to fuel injection pump <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuel tank empty</li> <li>• Closing of fuel cock (valve)</li> <li>• Clogging of fuel filter</li> <li>• Failure of fuel feed pump</li> <li>• Air mixed in fuel system</li> </ul>	Supply the fuel to the fuel tank. Open fuel cock (valve). Replace the filter element. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor. Check and repair the fuel system, then bleed air.
2. Poor airtightness of intake/exhaust valve <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadequate intake/exhaust valve clearance</li> <li>• Sticking of intake/exhaust valve</li> <li>• Damage of seat of intake/exhaust valve</li> </ul>	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
3. Low cetane number of fuel oil	Use a high- quality fuel oil.

## Rotational speed dropped spontaneously

Cause	Countermeasure
1. Clogging of fuel filter	Replace the filter element.
2. Seizure of moving part (piston, main bearing or turbocharger)	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
3. Air mixed in fuel system	Check and repair the fuel system, then bleed air.
4. Moisture content in fuel system	Drain the filter, tank, etc.

### Output of each cylinder not in uniformity (Dispersion of the exhaust temperature is large among cylinders)

Cause	Countermeasure
1. Air mixed in fuel system	Check and repair the fuel system, then bleed air.
2. Moisture content in fuel system	Drain the filter, tank, etc.
3. Fuel injection volume not in uniformity among cylinders	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

### Bad color of exhaust gas

Cause	Countermeasure
1. Inadequate fuel injection timing	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
2. Inadequate intake/exhaust valve clearance or damage of intake/exhaust valve seat	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
3. Sticking of intake/exhaust valve	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
4. Damage of intake/exhaust cam	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
5. Defect of turbocharger	
• Clogging of pre-filter	Wash the pre-filter.
• Fouling of the blower side or turbine side	Wash the turbocharger/blower.
6. Fouling of charge air cooler (too high temperature of boost air)	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
7. Low-quality of fuel oil	Use a high-quality fuel oil.
8. Overload	Reduce the load.



### Lubricating oil pressure dropped below the specified pressure

Cause	Countermeasure
1. Looseness of lubricating oil pipe	Check and repair the lubricating oil pipe.
2. Clogging of lubricating oil filter	Replace the lubricating oil filter.
3. Excessive clearance of crankshaft bearing	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
4. Sticking of lubricating oil pressure regulating valve or loose adjusting bolt	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
5. Sticking of lubricating oil safety valve	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
6. Too high temperature of lubricating oil <ul style="list-style-type: none"> <li>• Shortage of cooling water volume</li> <li>• Fouling of lubricating oil cooler</li> <li>• Excessive blow-by (gas leak) into the crankcase</li> </ul>	Check the water pump (coolant). Consult your authorized YANMAR dealer or distributor. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
7. Air sucked in lubricating oil pump (shortage of lubricating oil volume)	Replenish the lubricating oil.

### Unusual sounds heard (knocking occurred) during operation

Cause	Countermeasure
1. Inadequate intake/exhaust valve clearance	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
2. Inadequate fuel injection timing	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
3. Loosen some parts	Check and fix.

### Coolant temperature too high

Cause	Countermeasure
1. Shortage of cooling water volume <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clogging of seawater inlet passage</li> <li>• Failure of seawater pump impeller</li> <li>• Failure of water pump (coolant)</li> </ul>	Check and clean the seawater strainer, sea cock and pipes. Check and repair the impeller. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
2. Coolant level is low.	Refill with coolant.
3. Coolant is leaking.	Check and tighten the leaking part.
4. Sticking of coolant thermostatic valve	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

### Exhaust temperature of all the cylinders too high

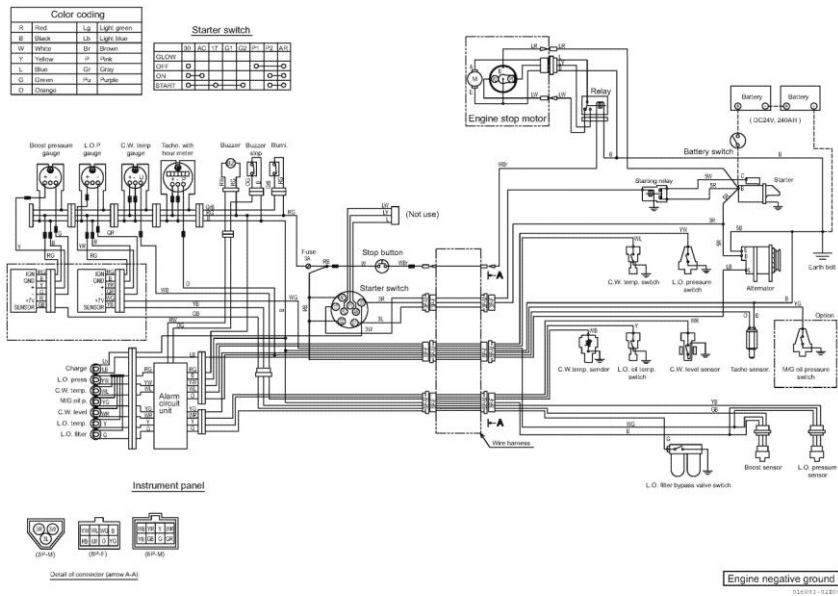
Cause	Countermeasure
1. Charge air temperature too high <ul style="list-style-type: none"> <li>• Shortage of charge air cooler cooling water volume</li> <li>• Fouling of charge air cooler (cooling water side and air side)</li> <li>• Engine room temperature too high</li> </ul>	Check and repair the seawater pump. Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.
2. Boost pressure too high <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engine room put under a negative pressure</li> </ul>	Check and service the engine room ventilation equipment.
3. Unsuitable properties of fuel oil	Use a high-quality fuel oil.
4. Overload	Reduce the load.

### Engine stopped suddenly

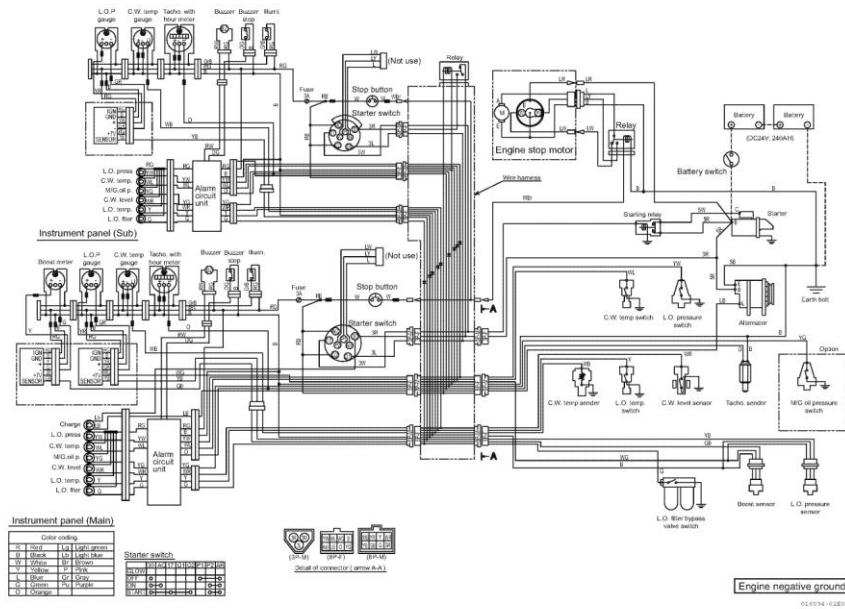
Cause	Countermeasure
1. Fuel tank empty	Replenish the fuel oil.
2. Air mixed in fuel system	Bleed air from the fuel system.
3. Clogging of fuel filter	Replace the filter element.
4. Seizure of moving part (piston, main bearing, crank-pin bearing, timing gear, etc.)	Consult your authorized YANMAR dealer or distributor.

## WIRING DIAGRAMS

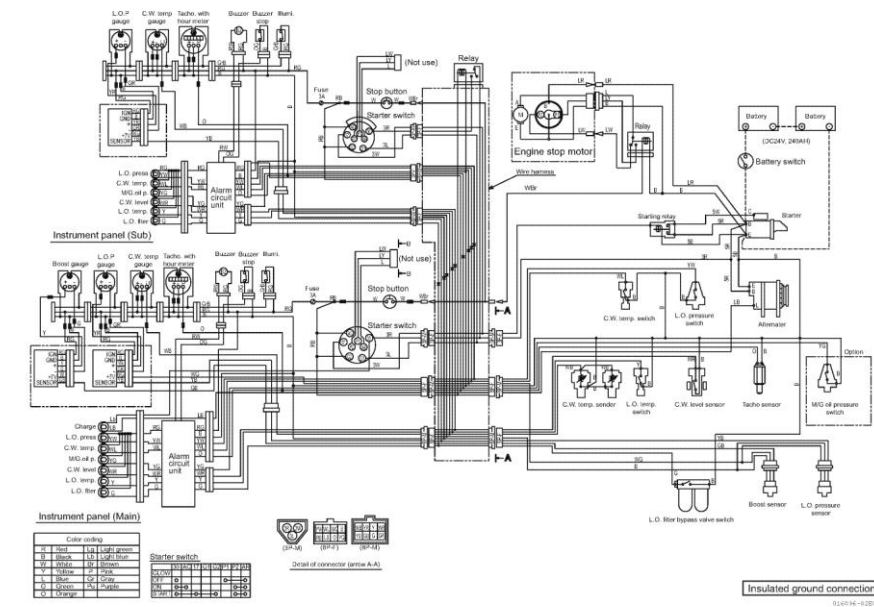
■ 24 V engine negative ground type without air heater (standard)



■ 24 V engine negative ground type without air heater (low-place gauge)



■ 24 V insulated ground connection without air heater (tow-place gauge)



## YANMAR STANDARD MOTOR-DRIVEN BILGE PUMP (OPTION)

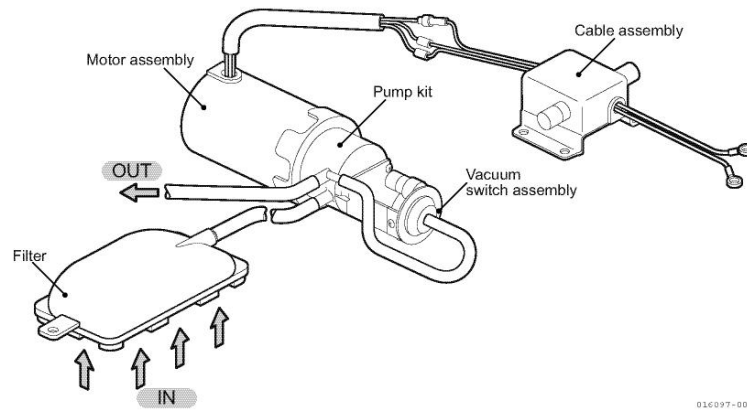
---

### ■ Features

- Since parts of this bilge pump that come in contact with bilge are made of polyvinyl chloride (PVC) and acid and alkali resistant materials, you may use this pump without worrying about its wearing out.
- There is no need to worry about idling or seizure of this bilge pump because it is equipped with a protective device which brings about an automatic stop when bilge is gone and the pump does not lift anything.

### ■ Method of fitting and use

- Connect the red wire to positive (+) and black wire to negative (–) respectively, avoid mis-wiring.
- Install the pump body where it can be used easily with the battery and operating switch as the pump body is connected with 3 m long cord.
- Fit the strainer part of the bilge pump to the ship bottom by use of metal fittings.



## **Record of ownership**

---

Take a few moments to record the information you need when you contact YANMAR for service, parts or literature.

Engine model: \_\_\_\_\_

Engine serial No.: \_\_\_\_\_

Date purchased: \_\_\_\_\_

Dealer: \_\_\_\_\_

Dealer phone: \_\_\_\_\_

# **YANMAR CO., LTD.**

## ■ Yanmar (Head office)

Umeda Gate Tower, 1-9, Tsuruno-cho, kita-ku  
Osaka, 530-8311, Japan

## ■ Marine Operations Division

### Quality Assurance Dept.

5-3-1, Tsukaguchi-honmachi, Amagasaki  
Hyogo, 661-0001, Japan  
Phone: +81-6-6428-3251 Fax: +81-6-6421-5549

---

## Overseas Office

---

## ■ Yanmar Europe B.V. (YEU)

Brugplein 11, 1332 BS Almere-de Vaart, Netherlands  
Phone: +31-36-5493200 Fax: +31-36-5493209

## ■ Yanmar Asia (Singapore) Corporation Pte Ltd. (YASC)

4 Tuas Lane, Singapore 638613  
Phone: 65-6595-4200 Fax: 65-6862-5189

## ■ Yanmar America Corporation (YA)

101 International Parkway  
Adairsville, GA 30103, U.S.A.  
Phone: +1-770-877-9894 Fax: +1-770-877-9009

## ■ Yanmar Engine (Shanghai). Co., Ltd.

10F, E-Block POLY PLAZA, No.18 Dongfang Road  
Pudong Shanghai, CHINA P.R.C. 200120  
Phone: +86-21-6880-5090 Fax: +86-21-6880-8090

## ■ Yanmar South America Industria De Maquinas Ltda (YSA)

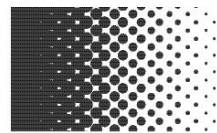
AV. Presidente Vargas, 1400 Indaiatuba/SP  
Sao Paulo, Zip Code 13338-901, BRAZIL  
Phone: +55-19-3801-9224 Fax: +55-19-3875-3899, 2241

## OPERATION MANUAL

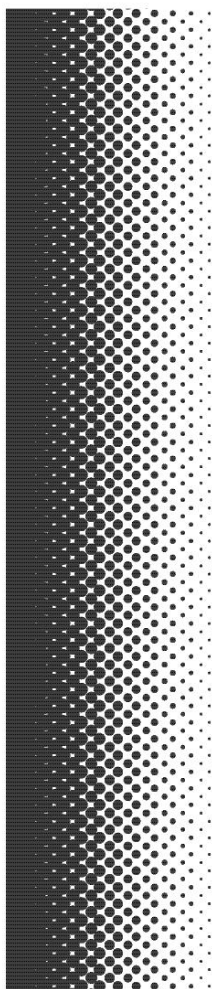
6AYM-WGT, 6AYM-WET, 6AYM-WST

1st edition: May 2012  
2nd edition: July 2013

Issued by: YANMAR CO., LTD. Marine Operations Division  
Edited by: YANMAR TECHNICAL SERVICE CO., LTD.



**MARINE PROPULSION  
ENGINE**



**YANMAR**

**YANMAR CO., LTD.**

<http://yanmar.com>

0A6AY-G00401



## **Anexo 2. Información técnica del generador principal**

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

Grupo electrógeno con CUADRO MANUAL.



Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

Imágenes orientativas.

**PRP**

700 kVA

**POTENCIA CONTINUA:**

**LTP**

770 kVA

**POTENCIA EMERGENCIA:**

PRP "Prime Power" norma ISO 8528-1

LTP "Limited Time Power" norma ISO 8528-1

## MOTOR

MARCA	MODELO
VOLVO	TWD1645GE

## ALTERNADOR

MARCA	MODELO
STAMFORD	HCI634G

VOLTAJE	HZ	FASE	COS Ø	PRP kVA/kW	LTP kVA/kW	AMP. (LTP)
380/230	50	3	0,8	702,1/561,7	772,9/618,3	1116,91

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

## CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR

MARCA	MODELO
VOLVO	TWD1645GE

### Datos generales

Potencia PRP (kWm)	595.00
Nº cilindros	6
Potencia LTP (kWm)	655.00
Cilindrada (L)	16.20
Diámetro por carrera (mm)	144 x 165
Sistema de refrigeración	LIQUIDO
Aspiración	TURBO-INTERC.
Acoplamiento volante	1-14

### Sistema de lubricación

Capacidad Aceite (L)	48
Min. alarma presión aceite (bar)	2.75

### Sistema de ventilación

Caudal de refrigeración de aire (m³/h)	41040
Máx. contrap. para el ventilador (mbar)	4

### Sistema de escape

Caudal gases de escape (m³/h)	5880
Temp. gases de escape (°C)	470

### Sistema eléctrico

VDC (V)	24
---------	----

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

Batería (Ah)

2 x 180

Motor arranque (kW)

7

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

## CARACTERÍSTICAS DEL ALTERNADOR

MARCA	MODELO
STAMFORD	HCI634G

### Datos generales

Potencia PRP (kWA)	810.00
Potencia LTP (kWA)	860.00
Eficiencia Alt. 3/4 %	95.20
Eficiencia Alt. 4/4 %	94.40
Nº Polos	4
Regulador de tensión	MX321
Nº hilos	6
Aislamiento	H
Xd (%)	2.83
X'd (%)	0.23
X	0.16
Grado de protección	IP23

## CONSUMO DEL GRUPO ELECTRÓGENO

% POTENCIA UTILIZADA	LITROS/HORA
50%	75.00
75%	107.00
100%	139.00

## DIMENSIONES, CAPACIDADES, PESO APROXIMADO Y NIVEL SONORO

Dimensiones (mm)		
LARGO	ANCHO	ALTO
3620	1330	2816

DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE (L)	PESO (kg)
1000	7100

NIVEL SONORO (dB(A))
----------------------

78 @ 7 m

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

## GRUPO ELECTRÓGENO INMESOL

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El grupo electrógeno "INMESOL" es una máquina de generación de energía eléctrica que se utiliza en aquellos lugares **donde no hay suministro de red** o bien cuando se produzca un fallo de la RED ELÉCTRICA.

Los elementos móviles, correa de distribución, ventilador, etc, y aquellas partes que durante el funcionamiento adquieren altas temperaturas, colector de escape, etc, incluyen sus correspondientes protecciones, cumpliendo los requisitos de la Directiva de Seguridad en Máquinas **2006/42**.



**INMESOL, S.L. empresa con sistema de certificación de calidad ISO 9001 en:**

Diseño, fabricación, comercialización y asistencia técnica de grupos electrógenos, torres de iluminación, moto-soldadoras, generadores con toma de fuerza tractor y sistemas de

### Normativa europea:

Los grupos electrógenos INMESOL cumplen la legislación Europea y disponen del marcado CE, que incluye las siguientes Directivas:

- 2006/42/CE relativa a la Seguridad de Máquinas.
- 2005/88/CE relativa a las Emisiones Sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre (modifica a la 2000/14/CE).
- 2014/30/UE relativa a Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE relativa a Seguridad Eléctrica, material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión

### Normativa internacional:

Bajo demanda, INMESOL puede suministrar equipos que cumplen con la Legislación y Normativa Internacional:

- "Reglamento Técnico sobre Seguridad de Maquinaria y Equipos" Nº 753, que deroga las normas GOST R, para las exportaciones a Rusia.
- Resolución nº 90708 del 30 de Agosto 2013 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE expedido por el Ministerio de Minas y Energía Sección 20.21 Motores y generadores Eléctricos, para las exportaciones a Colombia.

### Información:

Las potencias son para unas condiciones ambientales de referencia: 100 kPa de presión barométrica, 25° C y 30% de humedad relativa. Se definen según ISO 8528 y ISO 3046.

**PrimePower (PRP) "Servicio Principal":** Es aplicable para grupos electrógenos que funcionan como fuente principal de energía eléctrica. Es sobrecargable un 10% en puntas de tiempo limitado, máximo 1 cada 12 horas..

**StandbyPower (LTP) "Servicio de Emergencia"** es aplicable para grupos electrógenos que funcionan al fallar la Red Eléctrica. Esta potencia **NO** es SOBRECARGABLE.

No obstante, para lograr una larga vida del motor, se recomienda que la carga media de potencia activa (kW) conectada al grupo electrógeno en cualquier periodo de 24 horas de funcionamiento, no sea superior a los siguientes valores:

- En Servicio Principal, al 70% de la potencia PRP.
- En Servicio de Emergencia por fallo de red, al 80% de la potencia LTP.

Modelo: IV-770 - GAMA INDUSTRIAL

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

GAMA

INDUSTRIAL

Alcance de suministro



Conjunto motor / alternador acoplado e instalado mediante soportes antivibratorios en chasis de perfil de acero de alta resistencia electro-soldado y posteriormente tratado con productos decapantes para aplicación de capa de fosfato de zinc y pintura poliéster (QUALICOAT).

Cabina de acero insonorizada con lana de roca ignífuga, con tratamiento decapantes para aplicación de capa de fosfato de zinc y pintura poliéster (QUALICOAT).

Chasis estanco

Depósito de combustible integrado en chasis provisto de aforador de medición e instalación de combustible al motor.

Motor auto refrigerado con ventilador mecánico soplante.

Silencioso residencial de atenuación -35 db(A) con salida de gases al exterior con tapa de protección.

Cuadro eléctrico de control y potencia con central de protección y control e instrumentos de medida y configuración para lectura de magnitudes eléctricas, tensión, combustible, horas de funcionamiento, etc. con arranque por señal

Protección magnetotérmica y protección diferencial

Alternador de carga batería con toma de tierra.

Batería de arranque con cableado e instalación al motor y protección de bornas.

Instalación de toma tierra prevista para pica (pica no incluida).

Protección de seguridad en partes calientes y móviles y de voltaje.

Parada de emergencia con pulsador en el exterior.

Bomba manual de extracción de aceite del cárter del motor.

Alternador auto excitado y auto regulado.

Gancho de izado para elevación con grúa hasta 450 kVA (Excepto versión carrocería basculante).

Chasis predispuesto para instalación de kit de transporte.

Regulación electrónica del motor

Salida horizontal para aire caliente (hasta carrocería 4200x1600x2245)

## OPCIONALES

Cargador de batería

Resistencia de precaldeo

Cuadro de conmutación para convertir el grupo manual en automático (ATS).

Kit de bases de fuerza (desde 20 kVA hasta 400 kVA PRP)





**ESPAÑA**

Teléfono: +34 968 380 129

Fax: +34 968 380 504

E-mail: [ventas@inmesol.com](mailto:ventas@inmesol.com)

**INTERNATIONAL**

Phone: +34 968 380 879

Fax: +34 968 380 400

E-mail: [sales@inmesol.com](mailto:sales@inmesol.com)

[www.inmesol.es](http://www.inmesol.es)

TRIFÁSICO - 380/230 V | 1.500 R.P.M. | 50 Hz

### DSE 7310 MKII

Cuadro de CONTROL MANUAL, PROTECCIÓN Y DISTRIBUCION, montado sobre el grupo electrógeno en carpintería metálica con central de protección del motor DSE 7310 MKII.



Imágenes orientativas.

Dispone de:

## 1. PULSADOR DE PARO DE EMERGENCIA

## 2. PROTECCIONES:

Protección Magnetotérmica.

Protección Diferencial

Fusibles de protección aparamenta de control

### 3. CENTRAL DE CONTROL Y PROTECCIÓN DSE 7310 MKII

#### PANTALLA DIGITAL DE LCD:

Dispone de una pantalla digital de LCD, que permite una fácil lectura de la información referente al MOTOR, ALTERNADOR y CARGA. Lecturas que pueden realizarse:

MOTOR	ALTERNADOR Y CARGA
Temperatura refrigerante	Voltajes entre fases y entre fases y neutro.
Presión aceite	Intensidades
Velocidad de giro (r.p.m)	Frecuencia
Nivel de combustible	Potencia Activa (kW)
Voltaje de batería	Potencia Reactiva (kVAr)
Voltaje del alternador de batería.	Potencia Aparente (kVA)
Horas de funcionamiento	Cos fi
Número de arranques	Contador de energía activa (kW-h)

#### CONTROL DEL GRUPO:

ARRANCA y PARA el grupo de forma MANUAL.

Posibilidad de hacerlo de forma AUTOMÁTICA mediante ARRANQUE POR SEÑAL.

Grupo electrógeno en reserva de otro

#### PROTECCIÓN DEL MOTOR Y ALTERNADOR, CON LAS ALARMAS ACTIVADAS:

MOTOR	ALTERNADOR
Baja Presión de aceite.	Bajo y Alto Voltaje
Alta Temperatura del refrigerante.	Baja y alta Frecuencia
Baja y Alta Tensión de las baterías.	Sobrecarga por Intensidad (A)
Fallo del alternador de carga baterías	Cortocircuito
Bajo nivel de combustible.	Secuencia Negativa de Fases.
	Sobrecarga por Potencia (kW-kVA)
	Control de la carga:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conexión y desconexión de cargas artificiales.</li> <li>Desconexión de cargas no esenciales</li> </ul>

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS:

El reloj en tiempo real permite un registro de eventos exacto	Posibilidad de mensajerías SMS
Amplio número de entradas y salidas configurables. puertos RS232 y RS485	Comunicaciones Ethernet y uso simultáneo de los
Alarmas y temporizadores configurables.	Reloj Programador con múltiples eventos de mantenimiento que pueden configurarse para un óptimo funcionamiento del motor. Programación semanal y/o mensual hasta 16 arranques y paradas por semana.
Conectividad USB	Funcionalidad del PLC mejorada
Completamente configurable mediante software y PC	Función de grabación de datos
Modbus RTU	El consumo de combustible puede monitorizarse en la pantalla y

## **Anexo 3. Información técnica del generador secundario**

Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja

ACCESSORIES		Generator type			
Board type		Caterpillar type		Isint type	
Model		YEG1500T10HC	YEG3000T10HC	YEG4500T10HC	YEG7500T10LS
		YEG3000T10HC	YEG4500T10HC	YEG7500T10HC	YEG15000T10LS
		—	YEG4500T10HC	YEG7500T10HC	YEG15000T10LS
		—	—	YEG7500T10HC	YEG15000T10LS
Main engine control panel	Frequency meter	■	○	○	○
	AC voltmeter	○	○	○	○
	AC ammeter	■	○	○	○
	Automatic oil-cut switch	■	○	○	○
	Voltage regulator	■	○	○	○
	Circuit breaker	○	○	○	○
	Hour meter	○	○	○	○
	Hour meter	○	○	○	○
	Full load gauge	○	○	○	○
	Starting key switch	○	○	○	○
	Emergency stop button	■	○	○	○
	Working lamp	Water temp.	○	○	○
		L.O. pressure	○	○	○
		Battery charge	○	○	○
Protection system control panel	High water temp.	○	○	○	○
	Low oil pressure	○	○	○	○
	Battery charge	○	○	○	○
	Over current shut off trip	○	○	○	○
	Oil pressure	○	○	○	○
Output terminal	3-phase, 4-wire terminals	○	○	○	○
	Single-phase, 2-wire terminals	○	○	○	○
	Single-phase, 2-wire terminals	△	△	△	△
	Ground terminal	○	○	○	○
Others	Terminal to AMF/ATS panels	○	○	○	○
	Remote start/stop system	△	△	△	△

OPTIONAL PARTS

**Automatic Mains Failure Panel**

Against power cuts in the commercial supply, the YEG can be set to start automatically when the power goes off, and stop when it comes back on. You know that you can trust the New YEG to do the work that is needed, and stop when you don't want it on.



**Terminal for AMF/ATS panels**



YANMAR ENERGY SYSTEM CO., LTD.

Umeda Gate Tower, 1-3, Tsunashicho, Kita-ku, Osaka 530-0014, Japan  
Telephone : 06-7636-0213  
Facsimile : 06-7636-1072  
<https://www.yanmar.com/global/>

Distributed by



**YANMAR**  
DIESEL GENERATORS

**YEG Series**  
Generator Output 7.5kVA ~ 74.0kVA



*Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja*

***The New YEG Series Know  
the Dependability and Economy of  
World Class Power Generation***



Control panel YEG5000SHC  
Control panel YEG5000THC

Control panel YEG4500SLB  
Control panel YEG4500TLB

Control panel YEG140

## DIMENSIONS

Unit=mm

	Canopy type					Skirt type				
Outline										
2 pole, single phase	YES15000SHC	YES20000SHC	YES30000SHC	YES40000SHC	YES50000SHC	YES14000SHS	YES15000SHS	YES20000SHS	YES30000SHS	YES40000SHS
3 pole, 3 phase	YES15000THC	YES20000THC	YES30000THC	YES40000THC	YES50000THC	YES14000THS	YES15000THS	YES20000THS	YES30000THS	YES40000THS
L	1200	1300	1300	1400	1500	1400	1400	1400	1500	1600
W	670	670	670	670	660	660	660	700	700	700
H	650	920	920	920	920	660	900	950	950	950
2 pole, single phase	—	—	YES17000LC	YES23000LC	YES44000LC	—	YES17000LS	YES23000LS	YES44000LS	YES73000LS
3 pole, 3 phase			YES17000LTC	YES23000LTC	YES44000LTC		YES17000LTS	YES23000LTS	YES44000LTS	YES73000LTS
L			1300	1400	1600		1600	1800	2050	2300
W			670	670	750		700	700	700	900
H			900	920	1000		900	950	1250	1250

## SPECIFICATIONS

( 2 pcle series )

2 pole series
Capacitor

[illegible]

\*1) There is a possibility of the maximum + 5% for the fuel consumption, \*2) There is a possibility of the maximum + 3dB (A) for the noise level, \*3) There is a possibility of the maximum + 5% for the dry mass.

[ 4 pole series ]

[illegible]

\*1) There is a possibility of the maximum + 5% for the fuel consumption. \*2) There is a possibility of the maximum + 3dB (A) for the noise level. \*3) There is a possibility of the maximum + 5% for the dry mass.

[ POWERED BY MINIMAX ENGINE ]

Sub-type	Phase	V01-000003				V01-000103			
		Single phase				3phase			
Output	Frequency	—	50Hz	50Hz	50Hz	50Hz	50Hz	50Hz	
	Output power rating	VA	6.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	
		W	6.0	11.0	11.0	9.5	11.0	11.0	
		VA	6.0	11.0	11.0	10.8	11.0	11.0	
	Voltage	Power rating	W	6.0	11.0	11.0	9.5	11.0	11.0
		Power rating	W	6.0	11.0	11.0	9.5	11.0	11.0
Power factor	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
Efficiency	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
Power factor	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
	Power factor	—	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	0.95-0.98	
Efficiency	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Efficiency	—	90%	90%	90%	90%	90%	90%	

\*1) There is a possibility of the maximum + 5% for the fat consumption, \*2) There is a possibility of the maximum + 300 (W) for the noise level, \*3) There is a possibility of the maximum + 5% for the dry mass.

## **Anexo 4. Información técnica del generador de emergencia**



[illegible]



# Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja

## CUADERNO 7

### Equipos y servicios del buque



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía



# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. SERVICIOS BÁSICOS O EXIGIDOS POR REGLAMENTACIÓN U ORGANISMOS.</b>	<b>2</b>
2.2 FONDEO Y AMARRE	2
2.2.1 INFORMACIÓN GENERAL	2
2.2.2 CADENA	3
2.2.3 ANCLA	4
2.2.4 AMARRE	5
2.3 PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS Y EQUIPO CONTRA INCENDIOS	6
2.3.1 SISTEMA FIJOS DE DETECCIÓN, ALARMA Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS	6
2.3.2 BOMBA CONTRA INCENDIOS	6
2.3.3 BOCAS CONTRA INCENDIOS, MANGUERAS Y LANZAS	7
2.3.4 EXTINTORES DE INCENDIOS	7
2.3.5 EQUIPO DE BOMBERO	8
2.3.6 MEDIOS DE EVACUACIÓN	8
2.4 DISPOSITIVOS DE SALVAMENTO Y PROTECCIÓN DE LA TRIPULACIÓN	8
2.4.1 BALSAS SALVAVIDAS	8
2.4.2 AROS SALVAVIDAS	10
2.4.3 CHALECO SALVAVIDAS	11
2.4.4 ESTIBA DE AROS Y CHALECOS SALVAVIDAS	11
2.4.5 TRAJE DE INMERSIÓN	12
2.4.6 SEÑALES DE SOCORRO	12
2.4.7 ALARMA GENERAL DE EMERGENCIA	12
2.4.8 CUADRO DE OBLIGACIONES Y CONSIGNAS PARA CASOS DE EMERGENCIA	13
2.4.9 AMURADAS, BARANDILLAS Y OTROS DISPOSITIVOS PROTECTORES	13
2.4.10 ESCALERAS Y ESCALAS	13
2.5 MATERIAL SANITARIO	14
2.6 EQUIPO RADIOELÉCTRICO	14
2.7 LUCES Y MARCAS	16
2.7.1 ALUMBRADO GENERAL	16
2.7.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR	16
2.7.3 ILUMINACIÓN INTERIOR	16
2.7.4 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	16
2.8 SERVICIOS DE HABILITACIÓN	17
2.9 SISTEMA DE ACHIQUE	19
2.10.1 TANQUES DE AGUA DULCE	20
2.10.2 BOMBAS DE AGUA DULCE SANITARIA	21

<b>2.10.3 CALENTADOR DE AGUA DULCE SANITARIA</b>	<b>21</b>
--	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>24</b>
---------------------	-----------

---

## **Lista de figuras**

<b>FIGURA 1. DIMENSIONES DE LA CADENA</b>	<b>3</b>
<b>FIGURA 2. DIMENSIONES DEL ANCLA</b>	<b>4</b>
<b>FIGURA 3. MOLINETE</b>	<b>5</b>
<b>FIGURA 4. Balsa SALVAVIDAS</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA 5. AROS SALVAVIDAS</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 6. CHALECO DE INFLADO AUTOMÁTICO</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 7. TRAJE DE INMERSIÓN</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 8. SUELO ANTIDESLIZANTE CHECKER</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 9. CHAPA ADIAMANTADA</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 10. POSICIÓN DE LOS TANQUES DE AGUA DULCE EN CM.</b>	<b>21</b>

## **Lista de tablas**

<b>TABLA 1. EQUIPO DE FONDEO .....</b>	<b>2</b>
<b>TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE REMOLQUE .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 4. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL ANCLA .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 5. DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL MOLINETE .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 6. EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 7. EQUIPO DE NAVEGACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 8. ESPESOR DE LA VENTANA SEGÚN LAS DIMENSIONES I.....</b>	<b>19</b>
<b>TABLA 9. ESPESOR DE LA VENTANA SEGÚN LAS DIMENSIONES II.....</b>	<b>19</b>



## **1. Introducción**

La intención de este cuaderno es la de mencionar, describir y dimensionar todos los equipos que exige el Real Decreto 543/2007 para embarcaciones de eslora igual o menor a 24 metros y la Sociedad de Clasificación American Bureau of Shipping. En caso de que el Real Decreto o la Sociedad de Clasificación delegue las directrices de los servicios a otros documentos, estará explicado el lugar de búsqueda.

## 2. Servicios básicos o exigidos por reglamentación u organismos.

Normalmente, para buques de mayores dimensiones sus limitaciones o exigencias en los servicios que deben instalarse a bordo se establecen por las Sociedades de Clasificación. No obstante, para buques de eslora igual o menor a 24 metros ya está mayoritariamente todo explicado en el Real Decreto 543/2007.

Los sistemas a estudiar son:

- Fondeo y Amarre
- Equipo contra incendios
- Equipo de salvamento y protección de la tripulación
- Equipo sanitario
- Habilitación
- Luces, marcas y señales acústicas
- Equipos y aparatos radioeléctricos

### 2.2 Fondeo y amarre

Se dispondrá de un equipo de fondeo que permita fondear al buque en las condiciones de servicio previsibles, este se debe utilizar con rapidez y seguridad, y estará formado por:

- Anclas
- Cadenas o cables
- Molinetes

#### 2.2.1 Información general

En el apartado 17. Equipo de fondeo y amarre del Anexo 1 del Real Decreto 543/2007 se facilita una tabla con el número de anclas, cadenas, cables o cabos que se deben disponer a bordo dependiendo de las dimensiones.

L*B*D	Peso unitario de anclas, Kg.	Número de anclas	Longitud de la línea, m.	Diámetro de cadena, mm.
25	30	1	40	8
50	45	1	50	10
100	70	1	60	12
200	115	1	70	14
300	150	1	80	16
400	185	2	90	18
500	200	2	100	20
600	230	2	110	22
800	280	2	130	26
1000	300	2	150	30

Tabla 1. Equipo de fondeo

En este caso, el buque proyecto:

$L = 19,346 \text{ m}$

$B = 5,62 \text{ m}$

$D = 3 \text{ m}$

Siendo:

$$L*B*D=19,346*5,62*3=326,2$$

Por lo tanto, el equipo de fondeo que se debe instalar a bordo para las dimensiones del buque proyecto será de 2 anclas con un peso unitario de 185 Kg, una longitud de la línea de 90 metros con un diámetro de la cadena de 18 mm.

### 2.2.2 Cadena

Parte de la longitud de la línea se puede sustituir por cable de acero o estacha cuya resistencia a la tracción debe ser la adecuada. No obstante, se debe disponer como mínimo de una longitud de cadena igual a la eslora total del buque, este tramo está sujeto al ancla. En este caso, el buque dispondrá de cadena con diámetro de 18 mm. en toda la longitud de la línea.

Las dimensiones y características de la cadena son [2]:

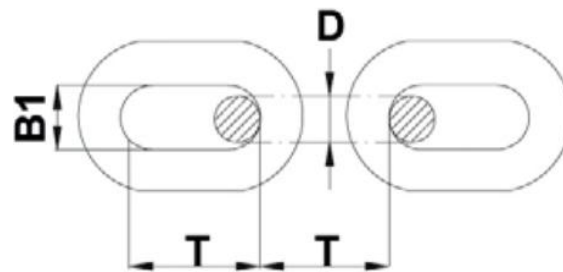


Figura 1. Dimensiones de la cadena

Diámetro de la cadena en mm	Largo interior (t) en mm	Ancho interior (b1) en mm	Peso por m en kg	Carga de rotura en kN	Carga de prueba en kN
18	72	28,8	6,5	157,78	78,89

Tabla 2. Características de la cadena

Al ser una embarcación de 15 metros o más de eslora, se dispondrá de al menos un cable de remolque cuya longitud y resistencia a la rotura será como mínimo de 180 metros y 98 kN respectivamente. El cable se estibarà en un lugar que permita su pronta utilización en la mar. Las características del cable de remolque a instalar son:

Referencia	Diámetro del cable de acero (mm)	Área de sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Fuerza mínima de rotura (kN)	Peso (kg/m)
Y1VPRO8Pxy11	11	63,3	109,1	0,544

Tabla 3. Características del cable de remolque

### 2.2.3 Ancla

Por otra parte, el peso de las anclas está relacionado con un ancla con cepo, en caso de utilizar otro tipo se podrá reducir el peso hasta un 25% si está aprobado con alto poder de agarre.

Las anclas serán de acero cuya resistencia a la tracción debe ser igual o superior a 400 N/mm<sup>2</sup>, se podría utilizar otro material que tenga las mismas propiedades.

Las anclas escogidas para el buque proyecto son del tipo Gruson con un peso de 180 kg. Las dimensiones principales son:

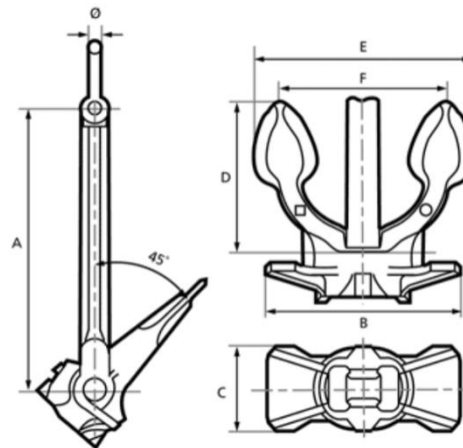


Figura 2. Dimensiones del ancla

A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	θ (mm)
875	605	270	485	690	520	32
Y1VPRO8Pxy11		11		63,3		109,1 0,544

Tabla 4. Dimensiones principales del ancla

Como el peso de las anclas es superior a 50 kg, se debe disponer de un medio mecánico para izar el ancla. De forma que se instalarán dos molinetes, uno para cada ancla y con capacidad de elevar cadena de 18 mm. Las dimensiones y características del molinete son [3]:



Figura 3. Molinete

Modelo	Fuente de alimentación	Potencia	Diámetro de la cadena
5500 XY AC	AC 230, 400 V	5500 W	19 mm

Tabla 5. Dimensiones y características del molinete

#### 2.2.4 Amarre

Además, se dispondrá de un equipo de amarre adecuado para cualquier tipo de situación operacional, como bitas, gateras, rodillos y resto de elementos para el amarre del buque y para facilitar en caso necesario su remolque.

En esta embarcación, se dispondrán de 3 bitas, una a cada banda de la caseta de cubierta y otra en la proa. Estas deberán ser capaces de resistir un 25% superior al valor mínimo de rotura de las amarras.

Para el amarre se usarán amarras de polipropileno [9][10] de 14 mm, ya que es el diámetro más adecuado para buques de 20 a 23 metros de eslora. Se ha escogido el polipropileno debido que es una fibra ligera y flotante con resistencia al roce y temperaturas elevadas; es una de las opciones más comunes para el amarre o salvamento marítimo. Se dispondrá de 100 metros de cuerda.

## **2.3 Prevención, detección y extinción de incendios y equipo contraincendios**

### **2.3.1 Sistema fijos de detección, alarma y extinción de incendios en cámara de máquinas**

Este apartado es aplicable a embarcaciones nuevas de eslora igual o mayor a 15 metros según el Real Decreto 543/2007.

Los detectores se instalan en posiciones elevadas, protegidas de golpes y posibles daños, se sitúan en lugares despejados para facilitar la llegada de gases o humos. El número de detectores depende de la importancia y dimensión del espacio, por cada 37 m<sup>2</sup> habrá como mínimo un detector. En caso de ser un espacio grande, los detectores no distarán más de 9 metros entre ellos y 4,5 metros de un mamparo.

Los espacios de interés a proteger son:

- Cámara de máquinas (2 detectores)
- Camarotes (1 detector)
- Caseta (2 detectores)
- Pasillo y vías de escape (4 detectores)
- Lavabo (2 detectores)
- Vestidor (1 detector)
- Cocina y comedor (1 detector)
- Taller (1 detector)

El sistema de la alarma estará conectado a dos fuentes de energía, una de las cuales es de emergencia.

Como el sistema fijo de extinción de la cámara de máquinas es de agua, se dispondrá de un arranque de la bomba desde fuera del espacio a proteger. Las boquillas aspersoras deben estar aprobadas por el anexo 1 del Real Decreto 809/1999 y el número mínimo de boquillas debe asegurar una distribución del agua a razón de 5 litros /m<sup>3</sup>.

La bomba se situará fuera del espacio protegido y se accionará por un motor de combustión interna independiente, aparte de estar conectado a la fuente de energía principal, también estará conectado con el generador de emergencia.

### **2.3.2 Bomba contraincendios**

Se instalará una bomba contraincendios principal con capacidad de lanzar un chorro de agua desde cualquier boca, manguera o lanza de contraincendios del buque, la bomba motorizada puede ser independiente de la máquina principal o accionada por la máquina principal si puede ser desembragada fácilmente del eje de cola o la hélice es de paso variable.

La bomba contraincendios debe estar provista de una manguera de una sola pieza con una lanza aspersora de 12 mm y podrán mantener una presión de 0,25 N/mm<sup>2</sup> estando en funcionamiento las dos bocas de incendios más alejadas de la bomba.

La capacidad total mínima de la bomba principal contraincendios motorizada deberá ser igual al menos a:

$$Q = \left(0,15\sqrt{L(B + D)} + 2,25\right)^2$$

Sustituyendo:

$$Q = \left(0,15\sqrt{19,346(5,62 + 3)} + 2,25\right)^2 = 17,53 \frac{m^3}{h}$$

Este valor es válido para una bomba contraincendios, ya que la capacidad total no debe exceder 30 m³/hora.

La bomba contraincendios se debe situar de tal forma que si sucede un incendio no impedirá su uso.

### **2.3.3 Bocas contraincendios, mangueras y lanzas**

Todo buque de pesca de eslora inferior a 24 metros deberá ir provisto como mínimo de una boca contraincendios que permita conectar fácil y rápidamente las mangueras contraincendios y dirigir un chorro de agua, por una manguera de una sola pieza, a cualquier parte del buque accesible a la tripulación, y a cualquier pañol o bodega cuando estén vacíos.

La cámara de máquinas irá provista como mínimo de una boca contraincendios con su manguera, que se situará fuera del espacio a proteger y cerca de la entrada de éste.

Para cada boca contraincendios habrá una manguera, si es de una sola pieza su longitud no excederá de 15 metros.

Se instalará una válvula o grifo por cada manguera contraincendios, de modo que en pleno funcionamiento de las bombas, quepa desconectar cualquiera de las mangueras.

Las lanzas no serán nunca de un diámetro menor a 12 milímetros y ser las adecuadas para la capacidad de descarga de la bomba contraincendios.

Si se instalan más de una boca contraincendios, se emplearán colectores contraincendios cuyas conexiones solo serán las requeridas para combatir los incendios, lavar la cubierta y las cadenas de anclas.

En este caso, se situará una boca de contraincendios 1 metro a proa de la entrada a cámara de máquinas con una manguera de una sola pieza de 15 metros, estas dimensiones son suficientes para abarcar toda la embarcación. Por lo tanto, no se requiere de colector de contraincendios.

### **2.3.4 Extintores de incendios**

En todas las embarcaciones cuya eslora sea mayor a 12 metros, se deberá instalar al menos tres extintores portátiles de incendios situados en:

- Puente de gobierno
- Cerca del acceso a la cocina
- Espacio de alojamiento en cada cubierta

En el buque proyecto, solamente existe un espacio dedicado al alojamiento de los tripulantes, por lo que solamente hace falta instalar tres extintores portátiles de incendios, y siempre que sea posible se instalarán cerca de la entrada del área a proteger.

Por otra parte, en los espacios de máquinas habrá al menos dos extintores portátiles con una capacidad equivalente de polvo de 4,5 kg. Además, al superar la potencia instalada de 250 kW se instalará otro extintor portátil. Uno de ellos se debe situar cerca de la entrada de la cámara de máquinas, como sucede con las bocas contra incendios.

Los extintores a bordo serán del tipo portátil y se define por la RD 543/2007 como extintores cuyo peso, cargados, no excede de 25 kg., siendo fácilmente maniobrables y transportados a mano. Estarán provistos de un soporte adecuado para su estiba y llevarán asideros para su fácil manejo. Además, serán de un tipo aprobado según la Resolución de la Organización Marítima Internacional.

### **2.3.5 Equipo de bombero**

Al ser un buque de litoral no hace falta que se disponga de un equipo de bombero constando de indumentaria protectora, casco, guantes, botas, linterna y aparato respiratorio. Sin embargo, al ser una embarcación de eslora mayor a 12 metros, se dispone de un hacha de bombero y tres baldes contra incendios, dos de ellos con rabiza.

### **2.3.6 Medios de evacuación**

En la cámara de máquinas deben existir al menos dos medios de evacuación que estén lo más separado posible. Si se usan escaleras como medio de evacuación, serán construidas de acero, como es el caso.

En el buque se debe disponer de dos medios de escape, uno puede ser la vía de acceso normal y el otro medio puede ser a través de ventanas, portillos o escotillas que preferiblemente den a la cubierta expuesta. Las dimensiones mínimas de los mismos serán de 600x600 mm de luz en las ventanas y escotillas.

En este buque, se dispone de una vía de escape por escotillas en el extremo de proa desde la cubierta inferior hasta la cubierta expuesta, además de la vía normal de acceso. En cámara de máquinas también se ha instalado una salida de emergencia por escotillas desde el local del generador de emergencia hasta la popa de la cubierta de francobordo.

## **2.4 Dispositivos de salvamento y protección de la tripulación**

### **2.4.1 Balsas salvavidas**

Las balsas salvavidas de los pesqueros de litoral deben ajustarse al Código Internacional de dispositivos de salvamento, con la salvedad que podrán aceptarse balsas con una capacidad mínima de 4 personas siempre que el número de personas a bordo lo justifique.



Los buques de pesca de arrastre de gamba roja han sido influenciados por las nuevas tecnologías, que junto con el elevado precio del gasoil ha resultado en la reducción de la tripulación a 4 personas, por lo tanto se dispondrá de un balsa salvavidas para 4 personas.

Las balsas de los buques de pesca litoral dispondrán de un equipo "SOLAS paquete B".

Los buques de pesca litoral, dispondrán de al menos dos balsas salvavidas con una capacidad conjunta para dar cabida al 200% del número total de personas, como mínimo, que haya a bordo.

La balsa salvavidas escogida para el buque se llama **Valise** y es de la marca *Seasafe Systems Ltd.* con capacidad de 4 personas y paquete SOLAS B. Sus dimensiones son 360 mm de diámetro y 710 mm de largo con un peso de 29 kg.



Figura 4. Balsa salvavidas

El paquete SOLAS B contiene:

- 1 Manual de uso
- 1 Bitácora
- 1 Tabla de señales de rescate
- 1 Botiquín SOLAS
- 24 unidades de pastillas anti-mareo
- 4 Bolsas de mareo
- 1 Bote de humo
- 3 Bengalas de señales
- 2 Cohetes de señales
- 2 Protecciones térmicas
- 1 Reflector de radar
- 2 Remos flotantes
- 1 Linterna estanca con pilas
- 1 Espejo de señales

- 1 Pilas y bombillas de recambio
- 1 Kit de reparación
- 2 Esponjas
- 1 Silbato
- 1 Inflador manual
- 2 Ancla de capa
- 1 Anilla de rescate con cabo
- 1 Achicador flotante
- 1 Cuchillo de seguridad

Las balsas deben estar estibadas en un emplazamiento seguro y protegido de la acción de las olas, y a resguardo de los daños que puedan ocasionar el fuego o explosiones. Se estibarán de manera que puedan soltarse a mano de sus mecanismo de sujeción.

En el buque deberá existir iluminación suficiente en la zona de estiba y de puesta a flote de las balsas salvavidas.

#### **2.4.2 Aros salvavidas**

Se llevará para este tipo de buque como mínimo:

- Un aro salvavidas con luz de encendido automático
- Un aro salvavidas con rabiza de 27,5 metros.

Todos los aros deben cumplir con los dispuesto en el Real Decreto 809/1999.

Se dispondrán a bordo dos aros salvavidas de homologación SOLAS de 75 cm de diámetro con un peso de 2,5 kg, rabiza de 30 metros y luz de encendido automático.



Figura 5. Aros salvavidas

### **2.4.3 Chaleco salvavidas**

Los chalecos salvavidas deben ajustarse a lo dispuesto en el Real Decreto 809/1999. Para cada una de las personas a bordo se dispondrá el correspondiente chaleco salvavidas para el abandono del buque.

Se dispone según el Real Decreto de un chaleco de respeto cada 6 personas, pero como solamente trabajarán 4 personas en el buque proyecto, se dispone de un chaleco de respeto.

Los chalecos serán de inflado automático y estarán aprobados de acuerdo con lo prescrito en el Real Decreto 809/1999.

Los chalecos de inflado automático [12] que se dispondrán a bordo se han fabricado de acuerdo a las últimas especificaciones SOLAS para una máxima seguridad a bordo. Son de la marca *Lamda* de 150 N de flotabilidad.



Figura 6. Chaleco de inflado automático

### **2.4.4 Estiba de aros y chalecos salvavidas**

Los aros salvavidas estarán estibado de modo que sean accesibles para las personas a bordo y puedan ser rápidamente lanzados. No podrán estar trincados.

Los chalecos deberán guardarse en taquillas, cajas o armarios, claramente señalizados indicando su contenido.

#### **2.4.5 Traje de inmersión**

Los buques de pesca litoral dispondrán de al menos dos trajes de inmersión, salvo que de acuerdo con el tipo y área de operación del buque, la capitanía marítima no los juzgue necesarios.

Por seguridad de los tripulantes y asumiendo que en el peor caso la temperatura del agua baja de 20°C, se dispondrá de trajes de inmersión SOLAS [11] de la marca *Veleria San Giorgio* con espesor de 7 mm.



Figura 7. Traje de inmersión

#### **2.4.6 Señales de socorro**

Se llevarán a bordo las siguientes señales de socorro en un buque de pesca litoral:

- 6 Bengalas de mano
- 6 Cohetes lanzabengalas con paracaídas

Todas las señales pirotécnicas deberán guardarse en un estuche estanco, claramente marcado y estibadas preferiblemente en el puente de gobierno.

#### **2.4.7 Alarma general de emergencia**

Los buques de pesca litoral dispondrán de un sistema de alarma general de emergencia que podrá dar una señal, constituida por siete o más pitadas cortas, seguidas de una pitada larga, del pito o la sirena del buque u otro sistema de alarma equivalente, alimentados por las fuentes de energía, principal y de emergencia

En todo caso el buque podrá dar las señales de llamada y de emergencia con el pito, sirena o campana.

#### **2.4.8 Cuadro de obligaciones y consignas para casos de emergencia**

Al ser una embarcación con 4 tripulantes, no se dispondrá de un cuadro de obligaciones para situaciones de emergencia.

#### **2.4.9 Amuradas, barandillas y otros dispositivos protectores**

Se instalarán amuradas o barandillas en las partes expuestas de la cubierta de trabajo y en los techos de las superestructuras cuando éstos sirvan como plataformas de trabajo. La altura mínima de las amuradas o barandillas sobre cubierta será de 1 metro.

En este caso habrán barandillas en la cubierta de caseta y amuradas en la popa de la cubierta de francobordo.

El espacio libre entre la barra inferior de las barandillas y la cubierta no excederá de 230 mm. Las otras barras no estarán separadas entre sí más de 380 mm, y la distancia entre candeleros no excederá de 1,5 metros.

#### **2.4.10 Escaleras y escalas**

Se instalarán escaleras y escalas de tamaño y resistencia adecuados, con barandillas y peldaños antirresbaladizos, contruidos de conformidad con las normas ISO correspondientes.

Todas las embarcaciones de eslora mayor a 15 metros deberán llevar a bordo medios de acceso que se dispondrán en su lugar o se desplegarán, cuando el puerto no proporcione tales medios.

El medio de acceso se realizará con una plancha de desembarco, que si es de aleación de aluminio cumplirá las especificaciones de la norma ISO 7091 o similar, y si es de otros materiales, las partes que le puedan ser aplicables de la citada norma incluidas las pruebas y ensayos. En este caso, se dispondrá de una plancha de desembarco de aleación de aluminio.

El uso de esta plancha será para el acceso de barco a barco si están abarloados, cuando las condiciones sean favorables. En la parte inferior de las amuradas de las embarcaciones de eslora mayor a 15 metros, como es en el buque proyecto, aproximadamente a mitad de su eslora, se instalarán peldaños separados verticalmente no más de 30 cm. con objeto de facilitar el acceso a la embarcación cuando esté abarloada a otra. A mitad de la eslora el buque proyecto, desde la cubierta hasta la amurada hay una distancia de 1 metro, por lo que los escalones se distanciarán 20 cm. de contrahuella y 23 cm. de huella.

## **2.5 Material sanitario**

El material sanitario obligatorio para un buque de pesca litoral viene definido en la tabla "Botiquines de que han de ir provistos los buques según las misiones que desempeña" del anexo II en el documento "ORDEN de 4 de diciembre de 1960 sobre botiquines a bordo de los buques y embarcaciones mercantes nacionales". En este se especifica que el botiquín correspondiente a un buque de pesca litoral es el número 3.

### **Contenido del botiquín número 3**

- Aspirinas, una tableta de 0,5 gramos con cajas de 20.
- Dolantina, una caja de inyectables.
- Algodón hidrófilo, un paquete de 100 gr.
- Estuche para cirugía menor con una tijera de 14 centímetros y una pinzas de disección sin dientes de 15 cm.
- Agujas de sutura rectas atraumáticas con seda del 1 y del 2, cuatro de cada en ampollas estériles.
- Una férula malla alambre 15 cm por 1 metro.
- Dos jeringuillas esterilizadas desechables con aguja de 8 x 38 incorporada.
- Mercurocromo, un frasco.
- Vendas 2,5 x 5 y 10 x 5, dos de cada
- Un bote de gasas estériles de 20 x 20.
- Férula digital de aluminio con goma espuma, un metro.
- Venda antiséptica Salvelox de 6cm., un metro.

El botiquín se situará en una caja metálica con cierre hermético y frisa de goma para impedir la entrada del agua y la humedad, cuya dimensiones son 30 x 20 x 17 cm.

## **2.6 Equipo radioeléctrico**

Los buques de pesca menores de 24 metros deben equipar abordo diferentes equipos de radioeléctricos dependiendo de la zona donde naveguen. Para determinar la cantidad y que equipos se deben instalar, se utiliza la tabla resumen [1] de equipos de radiocomunicación y navegación facilitada por el ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana.

### **Normativa**

Equipo de radiocomunicación para la Zona A2 , correspondiente a buques de pesca litoral, es [1]:

- VHF con LSD
- VHF portátil
- Respondedor de radar 9 GHz
- Receptor NAVTEX
- Radiobaliza 406 MHz
- MF con LSD o INMARSAT

Además, se utilizan radiobalizas personales de 121.5 MHz por cada tripulante cuya actividad se realice sobre cubierta y un receptor detector de señal de las radiobalizas personales en el puente de gobierno.

Equipo de navegación para Zona A2:

- GPS
- Ecosonda
- Radar 9 GHz

El mantenimiento de los equipos para la Zona A2 se puede realizar de varias formas:

- Duplicando el equipo
- Realizando mantenimiento en tierra
- Capacidad de mantenimiento del equipo electrónico en la mar

En este caso, el mantenimiento se realizará en tierra y se dispondrá a bordo una unidad de los equipos mencionados.

#### **Equipo escogido para el buque proyecto:**

Todos los equipos que se instalarán a bordo estarán homologados con la fecha de caducidad lo más tardía posible, en el mismo documento se encuentran los enlaces a los equipos aprobados por el gobierno.

Equipo de radiocomunicación:

Equipo de radiocomunicación	Marca	Modelo	Fecha homologación	Fecha caducidad
VHF con LSD	J.R.C.	JHS-800S	01/03/2019	20/11/2023
VHF portátil	JOTRON	TRON TR30 GMDSS	03/05/2017	13/10/2021
Respondedor de radar 9 GHz	SEVENSTAR	S. 701	25/10/2018	25/10/2023
Receptor NAVTEX	NEW SUNRISE	NVX-1000	17/09/2019	20/09/2022
Radiobaliza 406 MHz	GME	MT603FG	25/11/2019	08/11/2022
MF con LSD o INMARSAT	J.R.C	JSS-2150	22/01/2019	31/12/2021
Radiobaliza personal de 121.5 MHz	WAMBLEE	W400	06/06/2019	06/06/2024
Receptor detector de señal	No se han encontrado equipos homologados			

Tabla 6. Equipo de radiocomunicación

Equipo de navegación:

Equipo de radiocomunicación	Marca	Modelo	Fecha homologación	Fecha caducidad
GPS	J.R.C	JLR-8600	21/02/2020	31/12/2021
Ecosonda	KODEN	CVS-128	30/03/2020	09/01/2024
Radar 9 GHz	FURUNO	FAR-2827 W	26/06/2020	25/12/2020

Tabla 7. Equipo de navegación

## **2.7 Luces y marcas**

### **2.7.1 Alumbrado general**

El alumbrado exterior e interior se alimentará por el cuadro secundario a 230 V e iluminará en el caso del alumbrado exterior: la zona de trabajo, las escaleras exteriores y la popa de la cubierta superior donde se sitúan las balsas salvavidas; y el alumbrado interior alumbrará todos los espacios protegidos de la intemperie.

### **2.7.2 Iluminación exterior**

Las luces y marcas exigidas se definen por el Convenio sobre el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes en la Mar de 1972 [4], según su eslora y según la actividad que esté desarrollando el buque.

Los buques dedicados a la pesca, ya sea en navegación o fondeados, y exactamente los de arrastre, exhibirán solamente las luces y marcas que se comentan a continuación (Regla 26.b):

- Dos luces todo horizonte en línea vertical, verde la superior y blanca la inferior, o una marca consistente en dos conos unidos por sus vértices en línea vertical, uno sobre el otro;
- Una luz de tope a popa y más elevada que la luz verde todo horizonte; los buques de eslora inferior a 50 metros no tendrán obligación de exhibir esta luz, pero podrán hacerlo;
- Cuando vayan con arrancada, además de las luces prescritas en este párrafo, las luces de costado y una luz, de alcance.

### **2.7.3 Iluminación interior**

Las características del alumbrado interior son:

- Las luces en el espacio de gobierno serán LEDs de color blanco con capacidad de regular la intensidad, de modo que se puedan adaptar al día y la noche.
- El alumbrado de los espacios interiores serán de tipo LED de color blanco.

### **2.7.4 Iluminación de emergencia**

Esta luminaria se pondrá en funcionamiento cuando se corte la alimentación general, además estará situada en lugares que la requieran en todo momento como en las rutas de escape o en puente.



Este alumbrado será independiente de los demás cuadros y circuitos. La fuente de energía eléctrica de emergencia debe tener la capacidad de alimentar simultáneamente durante 3 horas a los servicios de iluminación en:

- Zona de gobierno
- Cámara de máquinas
- Pasillos y escaleras
- Indicadores de ruta de escape

## **2.8 Servicios de habilitación**

### **2.8.1 Acomodación**

El buque está diseñado con la intención de tener capacidad para 4 personas en un mismo camarote con 2 literas. Además de los camarotes, en la estructura cubierta o caseta se encuentran el equipo radioeléctrico y un pequeño espacio de descanso formado por un sofá en L y una mesa cuadrada.

Por otra parte, en la cubierta inferior se encuentra la cocina junto con el "comedor" y se dispone de lavabo en la cubierta inferior y principal.

En un inicio, se acudió al Convenio para el Trabajo Marítimo para ofrecer la mayor comodidad a los tripulantes pero al ser un buque de arqueo bruto inferior a 200 GT, todas las recomendaciones o exigencias ya están plasmadas en el Real Decreto 543/2007.

### **2.8.2 Techos y suelos**

El pavimento de todas las cubiertas será de antideslizante checker y en las escaleras los escalones estarán cubiertos por chapa diamantada. Estas elecciones son apropiadas para los buques de pesca de arrastre, trabajar en la popa con los cables de arrastre en tensión, trincar los portones o abrir el copo son acciones que requieren de sujeción. En los buques de nueva construcción es común que se instalen este tipo de elementos.



Figura 8. Suelo antideslizante checker



Figura 9. Chapa adiamantada

En los espacios cerrados se dispondrá de techos falsos con una altura de 15 centímetros respecto la cubierta superior para que se instalen las tuberías y el sistema de iluminación. El material del techo falso será de aluminio.

### 2.8.3 Aislamientos

Los aislamientos contraincendios, térmicos y acústicos deben ser incombustibles[5].

Los aislamientos térmicos a bordo serán de celulosa debido a su propiedad ignífuga y que no genera gases peligrosos en contacto con el fuego. El espesor de las láminas de celulosa será de 100 mm. pero en caso de que la cubierta o mamparo de al exterior, este espesor aumentará hasta los 150 mm.[6]. La densidad de este material es de 45 kg/m<sup>3</sup>.

Además, como la cámara de máquinas no se encuentra adyacente a los espacios de alojamiento o los puestos de control, los demás mamparos y cubiertas deben presentar un aislamiento contraincendios de Clase B-0 que se extienda de cubierta a cubierta; y las cubiertas y mamparos que envuelven la cámara de máquinas deben presentar un aislamiento contraincendios de Clase A-60.

### 2.8.4 Puerta interiores y exteriores

**Puerta interiores:** La resistencia al fuego de las puertas interiores será igual que los mamparos donde se instale. Todas las puertas se abrirán hacia al interior de los espacios menos en las vías de escape al exterior por escotillas debido al reducido espacio que presentan. Las dimensiones de las puertas son de 0,6 metros de ancho y 1,9 metros de alto.

**Puertas exteriores:** Estas puertas ofrecerán estanqueidad y serán de bisagra con posibilidad de accionarse localmente en ambos lados de la puerta. Además, se fijará un letrero que indique el cierre en todo momento de la puerta. Su apertura es hacia el exterior para evitar su apertura en caso de golpes de mar. La resistencia de la puerta debe ser equivalente a la estructura adyacente no perforada. En el acceso a la cámara de máquinas o a los espacios interiores desde la cubierta de francobordo, la puerta debe tener una altura en el canto inferior de 600 mm desde la cubierta. Por otro lado, la puerta de la caseta debe tener una altura de 100 mm desde el canto inferior respecto la cubierta superior. Las dimensiones de la puerta de exterior de la cubierta principal son: 0,6 metros de ancho y 1,2 metros de alto; mientras que las dimensiones de la puerta exterior en la cubierta exterior son: 0,6 metros de ancho y 1,7 metros de alto.

## 2.8.5 Ventanas y portillos

**Portillos:** Según el Real Decreto 543/2007, los portillos se deben situar como mínimo a 500 mm. de la línea de flotación y 1000 mm. para que sea practicable. En este caso, se situarán 4 portillos a cada banda del buque en la cubierta de francobordo a 2,2 metros desde la línea de flotación hasta el canto inferior, además serán practicables. Sus dimensiones serán: 20 cm de alto x 50 cm de largo con un espesor de cristal de 8 mm.

**Ventanas:** Las ventanas se situarán únicamente en la caseta y serán de cristal templado de seguridad. Las espesores de cada ventana varían según sus dimensiones:

Alto \ Ancho	Hasta 400	500	600	700 o más
Hasta 500	8	8	8	8
600	8	8	8	8
700	8	8	8	10
800	8	8	10	10
900	8	10	10	10
1000	10	10	10	10
1100	10	10	10	12
1200 o más	10	10	12	12

Tabla 8. Espesor de la ventana según las dimensiones I

	Ancho (mm)	Alto (mm)	Espesor (mm)
Ventana lateral popa	1600	924	12
Ventana lateral proa	1715	938	12
Ventana frontal centro	915	987	10
Ventana frontal Estribor o Babor	805	989	10

Tabla 9. Espesor de la ventana según las dimensiones II

## 2.9 Sistema de achique

El sistema de achique tiene como finalidad evitar la acumulación de agua u otros líquidos. Es primordial este sistema cuando parte del trabajo de pesca se efectúa dentro de la superestructura o en el interior del casco. Estas actividades suceden cuando en el mismo barco se realizan procesos de elaboración del pescado y se requiere de grandes cantidades de agua para limpiarlo, de forma que este fluido se debe encauzar y drenar eficientemente.

Sin embargo, este no es el caso ya que las actividades de clasificación y limpieza se realizan en el parque de pesca y se almacenarán en la nevera del mismo lugar, por lo que no existe la necesidad de instalar bombas o colectores de achique ya que las formas curvadas de la cubierta acumulan el agua en los costados, y con ayuda de portas de desagüe se desembarca el fluido con facilidad.

Para instalar las portas es necesario que se sitúen por encima de la línea de flotación y que el borde inferior debe quedar lo más cerca posible de la cubierta. El área de la porta de desagüe depende de las dimensiones del buque.

$$A=K*L$$

Donde:

K = Coeficiente que depende de la longitud de la embarcación, en este caso 0,066.

L = Longitud de la amurada, en este caso 7,10 metros

Sustituyendo se obtiene:

$$A=0,066*7,1=0,468 \text{ m}^2$$

Habrán dos portas de desagüe en ambos costados del buque con un área de 0,47 m<sup>2</sup>.

La abertura de las mismas solo se sucederá en casos de extracción de agua del parque de pesca y restos de pescado.

## **2.10 Sistema de servicios sanitarios**

### **2.10.1 Tanques de agua dulce**

Normalmente, el consumo de agua dulce diario por tripulante es de 110 litros: 5 litros bebiendo, 50 litros duchándose y 55 litros de posibles consumos. Se calculará el volumen necesario de agua dulce para 4 tripulantes durante 4 días evitando rellenar el tanque diariamente. Por lo que la capacidad del tanque de agua dulce es de:

$$\text{Volumen tanque AD} = 4 * \text{número de tripulantes} * \text{consumo diario}$$

$$\text{Volumen Tk}_{AD} = 4 * 4 * 110 = 1760 \text{ litros o } 1,76 \text{ toneladas}$$

Se instalarán dos tanques de agua dulce a estribor de la cámara de máquinas con una capacidad individual de 0,9 m<sup>3</sup>. Por otra parte, no requerirá de potabilizadora ya que el trayecto de la embarcación de pesca es diario.

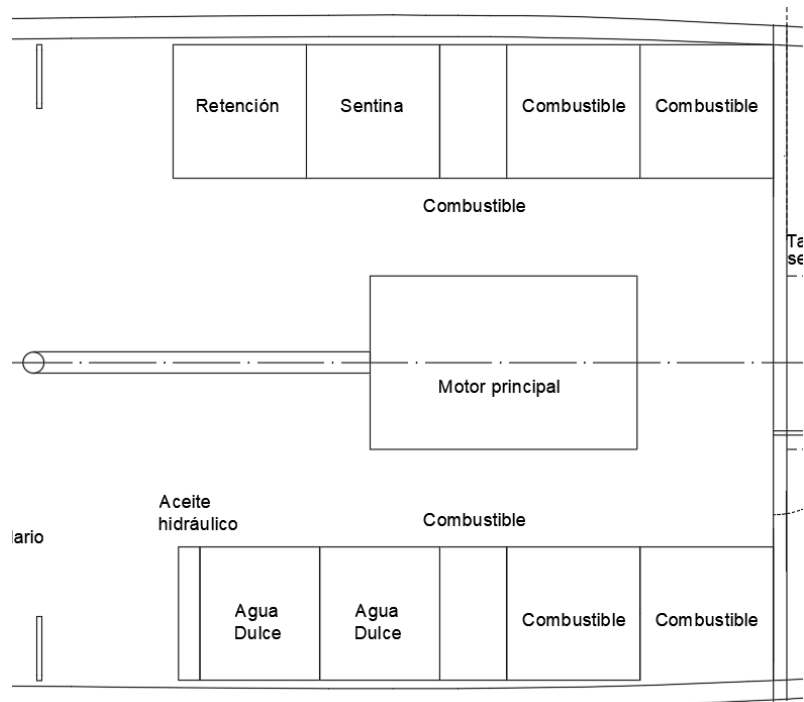


Figura 10. Posición de los tanques de agua dulce en CM.

### 2.10.2 Bombas de agua dulce sanitaria

Las bombas de agua dulce se encargarán de suministrar el agua dulce de los tanques hasta los grifos o la ducha. El caudal de las bombas se calcula según el máximo consumo simultáneo, siendo de 1 persona duchándose y 1 persona en el grifo de cocina, con un consumo de 12 litros/min en el grifo, en la ducha de 20 litros/min y en la lavadora de 20 litros/min, es decir, la bomba debe ser capaz de suministrar 42 litros/min.

Se instalará sólo una bomba con conexión a los dos tanques de agua dulce.

### 2.10.3 Calentador de agua dulce sanitaria

El calentador de agua dulce es indispensable mínimamente para la ducha en la época invernal, su dimensionamiento depende del volumen de agua caliente requerido en la situación "crítica". Para ello es necesario saber:

- La temperatura del tanque de de agua dulce o  $T_{ad}$  (14 grados)
- La temperatura de agua caliente que se suministrará en la ducha (35 grados)
- El consumo de agua por tripulante o  $V_s$  (50 litros)
- La temperatura del calentador o  $T_c$ , este valor estará indicado por el fabricante, en este caso es de 60º [7]

El volumen de agua caliente necesario para la ducha es:

$$V_{adc} = \left( \frac{V_s * \Delta T}{T_c - T_{ad}} \right) * 1 \text{ ducha}$$

$$V_{adc} = \left( \frac{50 * (35 - 14)}{60 - 14} \right) * 1 \text{ ducha} = 22,82 \text{ litros}$$

El calentador es de la marca *Junkers* de modelo ED 21-2S [7] con una capacidad de caudal de 12,0 litros/min, exactamente lo que se había estimado en el apartado anterior para la ducha, con una potencia útil de 6 kW.

## 2.10 Aguas residuales

Según el protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques [8], explica que el sistema de aguas residuales en un buque de arqueo menor a 400 GT debe tener las siguientes limitaciones para descargar el agua sucia al mar:

- Distancia mínima de 4 millas de la tierra más próxima si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas.
- Distancia mínima de 12 millas si no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas.
- Velocidad en ruta navegando no menor a 4 nudos.
- La descarga no se puede efectuar instantáneamente.

Por lo tanto, el buque proyecto dispondrá de un tanque de retención de residuos que descargará poco a poco las aguas residuales en el trayecto de puerto-caladero o caladero-puerto a una distancia de 12 millas desde la tierra más próxima con una velocidad de 4 a 14 nudos, sino se cumple esta condición, el buque almacenará los residuos en el tanque de retención.

Para evitar confusiones se aclara el concepto de aguas sucias como:

- Desagües y otros residuos procedentes de cualquier tipo de inodoros, urinarios y tazas de WC.
- Desagües procedentes de lavabos, lavaderos y conductos de salida situados en cámaras de servicios médicos.
- Desagües procedentes de espacios en que se transporten animales vivos.
- Otras aguas residuales cuando estén mezcladas con las de desagüe arriba definidas.

### 2.10.1 Tanque de retención

El volumen del tanque de retención se calcula con el objetivo de almacenar los residuos durante 4 días de trabajo, se ha considerado como caso crítico el uso total del agua dulce para esos días añadiendo un porcentaje de seguridad del 5%, en este cálculo se tendría en cuenta: el agua de la ducha, grifos, lavadora y además se añaden las aguas negras del inodoro.

$$V Tk_r = \frac{4 \text{ días}}{7 \text{ días}} * Tk_{AD} + 5\%$$

$$V Tk_r = \frac{4 \text{ días}}{7 \text{ días}} * 1760 + 38,28 = 1001,28 \text{ litros o } 1 \text{ m}^3$$

### **2.10.2 Bomba de descarga**

La bomba de las aguas sucias del tanque de retención efectuará la descarga durante un tiempo de 5 minutos ya que el volumen del mismo no es elevado, además que según la Regla 8 del Anexo 4 del Convenio MARPOL no está permitido descargar instantáneamente el tanque de retención.

Por lo tanto, la capacidad de la bomba de descarga será de:

$$Q_{bb_{Tkr}} = \frac{V_{Tr}}{t} = \frac{1,584}{5} = 0,317 \frac{m^3}{min}$$

### **2.11 Sistema de lastre**

El sistema de lastre es de gran importancia para variar el centro de gravedad y la estabilidad del buque proyecto durante los trayectos. Es de especial relevancia en las situaciones de descarga de productos que transporta para seguir navegando con el calado óptimo. No obstante, este sistema está más comúnmente utilizado para buques de grandes dimensiones; y además, el buque proyecto captura 150 kg de captura máxima, valor que no influye gravemente al calado del buque o a su estabilidad. Por lo tanto, no se instalará un sistema de lastre.

## Bibliografía

- [1] Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Radiocomunicaciones para buques de pesca menores de 24 metros. [Consultado el 07/07/2020]
- Disponible en:
- <https://www.mitma.es/areas-de-actividad/marina-mercante/radiocomunicaciones/instalaciones-radioelectricas/buques-de-pesca-menores-de-24-metros>
- [2] Mesemar. Cadenas, anclas y grilletes. [Consultado el 05/08/2020]
- Disponible en:
- <https://mesemar.com/wp-content/uploads/2015/01/Cadenas.pdf>
- [3] Quickitaly. Molinete. [Consultado el 05/08/2020]
- Disponible en:
- <https://www.quickitaly.com/en/products/windlasses-and-capstans/vertical-windlasses/>
- [4] «Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir abordajes ». Londres, 1972.
- [5] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »
- [6] Socyr. Características del aislamiento de celulosa. [Consultado el 09/08/2020]
- Disponible en:
- <https://www.socyr.com/aislamiento-celulosa-insuflada/caracteristicas-y-celulosa/>
- [7] Junkers. Calentadores eléctricos. [Consultado el 09/08/2020]
- Disponible en:
- [https://www.junkers.es/usuario\\_final/productos/catalogo\\_usuario/producto\\_3584](https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_3584)
- [8] OMI, « MARPOL 73/78 ». Londres, 2002.
- [9] NauticDirect. Cabullería. [Consultado el 10/08/2020]
- Disponible en:
- <https://www.nauticdirect.es/como-escojer-cabo-velero>



- [10] Vidaxl. Cuerda marina de polipropileno. [Consultado el 11/08/2020]

Disponible en:

[https://www.vidaxl.es/e/8718475559290/vidaxl-cuerda-marina-de-polipropileno-14-mm-50-m-blanca?gclid=Cj0KCQjwzbv7BRDIARIsAM-A6-1pjbBEez4tPO1hlbcGmeT3RfNOTZAPqh6f3jeGBJO6s0MJuZphfgAaApVYEALw\\_wcB](https://www.vidaxl.es/e/8718475559290/vidaxl-cuerda-marina-de-polipropileno-14-mm-50-m-blanca?gclid=Cj0KCQjwzbv7BRDIARIsAM-A6-1pjbBEez4tPO1hlbcGmeT3RfNOTZAPqh6f3jeGBJO6s0MJuZphfgAaApVYEALw_wcB)

- [11] Veleria San Giorgio. Traje de supervivencia [Consultado el 12/08/2020]

Disponible en:

<https://www.nauticexpo.es/prod/veleria-san-giorgio/product-24682-539743.html>

- [12] Depósito hidrográfico. Chaleco salvavidas [Consultado el 12/08/2020]

Disponible en :

<https://www.depositohidrografico.com/b2c/producto/L71107/1/chaleco-salvavidas-inflable-lambda-auto-solas-med-150n-275n>

# Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja

## CUADERNO 8

### Planta eléctrica



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona







# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS	V
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. PLANTA ELÉCTRICA DEL BUQUE</b>	<b>2</b>
2.1 PLANTA DE GENERACIÓN	2
2.2 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	3
2.3 TENSIONES NOMINALES Y FRECUENCIAS	3
2.4 CUADROS ELÉCTRICOS	4
<b>3. POTENCIA REQUERIDA POR CONSUMIDOR</b>	<b>4</b>
3.1 SERVICIOS EN CUBIERTA	5
3.2 HABILITACIÓN	5
3.3 EQUIPO ELECTRÓNICO	6
3.4 SERVICIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS	7
3.5 MAQUINARIA Y EQUIPOS DEL ESPACIO DE TRABAJO	7
3.6 ALUMBRADO	7
<b>4. PROTECCIONES DEL EQUIPO ELÉCTRICO</b>	<b>11</b>
<b>5. SITUACIONES DE CARGA</b>	<b>11</b>
<b>6. BALANCE ELÉCTRICO</b>	<b>12</b>
6.1. MOTOR PRINCIPAL	15
6.2. GENERADOR SECUNDARIO	15
6.3. GENERADOR DE EMERGENCIA	16
<b>7. TRANSFORMADORES</b>	<b>17</b>
7.1 TRANSFORMADOR 380/230 V	17

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. GENERADOR PRINCIPAL.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 2. GENERADOR SECUNDARIO .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 3. GENERADOR DE EMERGENCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 4. TRANSFORMADOR 380/230 V.....</b>	<b>18</b>

## Lista de tablas

<b>TABLA 1. SERVICIO DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 2. MOLINETES .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 3. SISTEMA DE AGUA SANITARIA.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 4. LAVANDERÍA.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 5. COMEDOR Y COCINA .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 6. SISTEMAS DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 7. SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 8. SERVICIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS.....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 9. MAQUINARIA Y EQUIPOS DEL ESPACIO DE TRABAJO .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 10. NIVELES DE LUX RECOMENDADOS POR ZONA .....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 11. POTENCIA LUMINARIA INTERIOR .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 12. POTENCIA LUMINARIA EXTERIOR.....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 13. POTENCIA LUCES DE NAVEGACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 14. POTENCIA ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 15. RESUMEN DE LAS POTENCIAS DE ILUMINACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 16. RESUMEN DE LAS POTENCIAS DE ILUMINACIÓN CON FACTOR DE SEGURIDAD ....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 17. PROTECCIONES DEL EQUIPO ELÉCTRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 18. BALANCE ELÉCTRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 19. DIMENSIONES Y PESOS DEL GENERADOR PRINCIPAL .....</b>	<b>15</b>



**TABLA 20. DIMENSIONES Y PESOS DEL GENERADOR SECUNDARIO .....16**

**TABLA 21. DIMENSIONES Y PESOS DEL GENERADOR DE EMERGENCIA.....17**

## **1. Introducción**

En el cuaderno 8 se describirán los principales componentes de la planta eléctrica y se escogerá el grupo generador que requiera el buque para las diferentes situaciones operativas. Es esencial estudiar el consumo de cada uno de los elementos que requieren electricidad a bordo para cumplir el objetivo mencionado anteriormente.

El balance eléctrico es el proceso más adecuado para entender y desarrollar correctamente las demandas de la planta eléctrica en cada situación de carga. Con ello, se conocerán los regímenes de trabajo del equipo generador.

## 2. Planta eléctrica del buque

Los principales elementos en la planta eléctrica del buque proyecto son:

- **Planta de generación:** Está formada por varios generadores de electricidad, estos producen energía eléctrica a partir de la energía mecánica del motor que dispone su mismo grupo electrógeno.
- **Cuadros eléctricos:** Existen varios cuadros en el buque, estos permiten la distribución de la potencia generada en la planta de generación a los diferentes circuitos y consumidores que forman la red.
- **Red de distribución:** Es el cableado que conecta los cuadros eléctricos con los consumidores.
- **Consumidores:** Se define como cualquier elemento que requiere de electricidad para su funcionamiento.

### 2.1 Planta de generación

En el Real Decreto 543/2007 [1], se establece que en un buque de nueva construcción se deben presentar los siguientes grupo electrógenos [1]:

**Fuente de energía eléctrica principal:** Las embarcaciones de pesca de menos de 24 metros de eslora deben disponer dos grupos electrógenos donde uno de ellos puede ser accionado por el motor principal, aunque en este caso no será así. La energía generada por estos grupos será tal que aún cuando cualquiera de ellos se pare, esté asegurado el funcionamiento de los servicios esenciales de propulsión y seguridad del buque.

**Fuente de energía eléctrica de emergencia:** Para los buques de nueva construcción se dispondrá de una fuente autónoma de energía eléctrica de emergencia situada fuera de los espacios de máquinas y dispuesta de modo que su funcionamiento esté asegurado en caso de avería, incendio u otras causas de fallo de las instalaciones eléctricas principales.

La fuente de energía de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente durante un mínimo de tres horas a:

- La instalación radioeléctrica reglamentaria
- El equipo de comunicaciones interiores, los sistemas de detección de incendios, la lámpara de señales diurnas y las señales que puedan necesitarse en caso de emergencia

- Las luces de navegación, si son exclusivamente eléctricas, y las luces de alumbrado de emergencia de los puestos de estiba y arriado de embarcaciones de supervivencia y del exterior del costado del buque, todos los pasillos, escaleras y salidas, los espacios de máquinas y donde se halle la fuente de energía eléctrica de emergencia, la caseta de gobierno y otros puestos de control, y los espacios de manipulación y elaboración del pescado.
- La bomba contraincendios de emergencia.

## **2.2 Sistemas de distribución**

Los sistemas de distribución que se pueden utilizar son [1]:

**En corriente continua:** sistemas de 2 conductores

**En corriente alterna:**

- Sistemas trifásicos de 3 conductores con neutro aislado o a tierra
- Sistemas monofásicos de 2 conductores, uno de los cuales puede estar conectado a tierra, sin retorno por el casco.
- Sistemas trifásicos de 4 conductores con neutro aislado o a tierra, sin retorno por el casco.

El sistema que se usará principalmente y el más habitual es el de corriente alterna trifásica, aunque algunos equipos pueden precisar de corriente continua para su funcionamiento. La razón de uso de la corriente trifásica es debido a que los generadores de corriente alterna usan el mismo tipo de corriente que las instalaciones terrestres, por lo que la alimentación de electricidad del buque puede hacerse desde tierra. El sistema de distribución del buque proyecto será de corriente alterna trifásica con neutro a tierra.

## **2.3 Tensiones nominales y frecuencias**

Las tensiones nominales en los bornes de los aparatos receptores no deberán sobrepasar los valores siguientes [1]:

- 600 V - Motores y aparatos electrodomésticos instalados de forma inamovible que no puedan desenchufarse.
- 250 V - Alumbrado y aparatos de calefacción montados de forma inamovible para que no puedan desenchufarse.
- 50 V - Comunicaciones internas, control remoto, sistemas de vigilancia.

Por otra parte, como el buque navegará por aguas europeas, la frecuencia de uso en el buque proyecto es de 50 Hz.

## 2.4 Cuadros eléctricos

En el buque se dispondrá de varias tensiones dependiendo del cuadro de distribución y los transformadores serán los encargados de adaptarán la electricidad a las características que se requieran. Los cuadros de distribución son:

**Cuadro primario:** Se encarga de suministrar la electricidad a grandes equipos y sistemas instalados a bordo pero usando corriente trifásica a 380 V.

**Cuadro secundario:** Está formada por la red doméstica con una corriente transformada del cuadro principal a alterna monofásica de 230 V.

**Cuadro de emergencia:** Más adelante, se escogerá un generador como fuente de energía eléctrica de emergencia en vez de una batería de acumulares, por lo tanto se debe situar según el Real Decreto 543/2007 el cuadro de distribución de emergencia lo más cerca posible del generador de emergencia.

Además, se posicionará ante todo de modo que su funcionamiento esté asegurado en caso de avería, incendio u otras causas de fallo de los demás cuadros. Este cuadro funcionará a 380 V.

**Cuadro de puerto:** Este elemento es importante para la conexión del buque a la red de suministro terrestre. Este cuadro funcionará a 380 V.

## 3. Potencia requerida por consumidor

Antes de realizar el balance eléctrico se deben conocer todas las potencias que requieren cada uno de los consumidores, parte de estos valores se han calculado o recogido de datos de fabricantes en los cuadernos previos y otros faltan por determinarlos en este apartado.

Se van a realizar grupos de los consumidores del buque proyecto para que se puedan identificar fácilmente:

- Servicios en cubierta
- Habilitación
- Equipo electrónico
- Servicios en cámara de máquinas
- Maquinaria y equipos del espacio de trabajo
- Alumbrado

### 3.1 Servicios en cubierta

Son servicios que ayudan a las maniobras del buque en puerto o fondeando y a su seguridad durante las jornadas de trabajo. Los consumidores de los servicios en cubierta son:

- Servicio de lucha contraincendios

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Bomba principal	1	1

Tabla 1. Servicio de lucha contraincendios

- Molinetes

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Molinete	2	5,5

Tabla 2. Molinetes

### 3.2 Habitación

Este apartado recoge todos los consumidores que contribuyen a la comodidad para los tripulantes durante las jornadas de trabajo. Los consumidores del grupo de habitación son:

- Sistema de agua sanitaria

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Calentador	1	6
Bomba de agua dulce	1	0,4

Tabla 3. Sistema de agua sanitaria

- Lavandería

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Lavadora	1	1,5
Secadora	1	1,5

Tabla 4. Lavandería

- Comedor y cocina

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Microondas	1	0,8
Horno	1	1,2
Placa	1	1
Lavavajillas	1	1,5

Tabla 5. Comedor y cocina

### 3.3 Equipo electrónico

En este grupo se encuentra los sistemas de ayuda a la navegación y radiocomunicaciones. Los consumidores del equipo electrónico son:

#### Sistemas de ayuda a la navegación

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
GPS	1	0,025
Ecosonda	1	1
Radar 9 GHz	1	25

Tabla 6. Sistemas de ayuda a la navegación

#### Sistemas de radiocomunicaciones

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
VHF con LSD	1	0,025
Respondedor de radar 9 GHz	1	0,0004
Receptor NAVTEX	1	0,103
MF con LSD o INMARSAT	1	0,15

Tabla 7. Sistemas de radiocomunicaciones

### 3.4 Servicios en cámara de máquinas

Los consumidores de este grupo ya se dimensionaron y describieron en los cuadernillos 6 y 7, los cuales son principalmente bombas y ventiladores.

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Bomba de trasiego de combustible MP	2	2
Bomba de trasiego de combustible GS	1	0,5
Ventiladores habilitación	3	0,3
Ventiladores local emergencia	1	0,4
Ventiladores de CM	4	0,3
Bomba de descarga a mar	1	0,6
Servomotor	1	0,39

Tabla 8. Servicios en cámara de máquinas

### 3.5 Maquinaria y equipos del espacio de trabajo

Agrupamos toda la maquinaria que se usa durante las operaciones de pesca. Los consumidores de este grupo son [2]:

Consumidor	Unidades	Potencia (kW)
Maquinilla de cable	1	650
Maquinilla de malletera	1	220
Tambor	1	20
Nevera/Congelador	1	1,5

Tabla 9. Maquinaria y equipos del espacio de trabajo

### 3.6 Alumbrado

El alumbrado se divide en varios grupos dependiendo de dónde se sitúen:

- Exterior
- Interior
- Emergencia
- Navegación

La potencia requerida por las luces LED se puede calcular a través de una fórmula que relaciona el nivel de lux en el espacio, la superficie y eficiencia luminosa:

$$P = \frac{0,0025 * E * S}{\eta_l}$$



Donde:

P = potencia de consumo en kW

E = nivel de iluminación en lux

S = Superficie del espacio en m<sup>2</sup>

$\eta_l$  = eficiencia luminosa en Lm/W

Otro proceso alternativo a la fórmula es la estimación de la potencia consumida por el alumbrado al observar los datos de otros buques. En este caso se va a proceder a usar la fórmula anterior ya que el resultado será más próximo a las exigencias del buque proyecto.

El uso del LED se debe a su bajo consumo, su ciclo de vida es mayor, ofrece una mayor calidad de luz y su alta eficiencia lumínica entre otros. La eficiencia lumínica es una incógnita de la fórmula presentada anteriormente, su valor varía de 80 Lm/W siendo las más comunes a 150 Lm/W y se tomará el valor medio, 115 Lm/W.

Por otra lado, los niveles de lux recomendados son [3]:

Nivel de lux recomendado por espacio €	
Espacio	E (lux)
Camarotes	200
Cocina	300
Pasillos y zona común	150
Escaleras	150
Baño	200
Comedor	300
Lavandería	150
Puente	500
Cámara de máquinas	400
Zona trabajo	300
Taller	400
Ruta de escape	150

Tabla 10. Niveles de lux recomendados por zona

Conociendo los niveles de lux por espacio y su superficie con ayuda del plano y el modelo 3D, es posible calcular la potencia en cada caso:

### Iluminación interior:

Potencia luminaria en interiores			
Cubierta inferior			
Espacio	E (lux)	S (m2)	P (kW)
Cámara de máquinas	400	79,290	0,689
Cocina	300	5,480	0,036
Comedor	300	5,230	0,034
Pasillo	150	1,421	0,005
Baño	200	3,166	0,014
Ruta de escape	150	1,580	0,005
Lavandería	150	3,03	0,01
Cubierta principal			
Espacio	E (lux)	S (m2)	P (kW)
Camarotes	200	4,47	0,019
Baño	200	1,730	0,008
Escaleras	150	0,624	0,002
Pasillo	150	3,880	0,013
Almacén	200	2,400	0,010
Ruta de escape	150	2,800	0,009
Taller	400	4,620	0,040
Zona común	150	4,710	0,015
Cubierta superior			
Espacio	E (lux)	S (m2)	P (kW)
Puente	500	15,900	0,172826087
Potencia total iluminación interior (kW)			1,082

Tabla 11. Potencia luminaria interior

### Iluminación exterior:

Potencia luminaria en exteriores			
Cubierta principal			
Espacio	E (lux)	S (m2)	P (kW)
Zona de trabajo	300	68,850	0,449
Escaleras	150	0,637	0,002
Cubierta superior			
Espacio	E (lux)	S (m2)	P (kW)
Balsas salvavidas	250	32,21	0,175
Costados	250	9,16	0,050
Proa y escotillas	250	17,35	0,094
Potencia total iluminación exterior (kW)			0,770

Tabla 12. Potencia luminaria exterior

**Luces de navegación:**

Potencia y números de luces de navegación		
Tipo	Cantidad	P (kW)
Todo horizonte	2	0,03
Tope	1	0,015
Costado	2	0,03
Alcance	1	0,015

Potencia total iluminación navegación	0,090
---------------------------------------	-------

Tabla 13. Potencia luces de navegación

**Alumbrado de emergencia:**

Potencia alumbrado de emergencia	
Tipo	P (kW)
Puente (40%)	0,068
Pasillos y escaleras	0,036
Botes salvavidas	0,175
Generador de emergencia	0,05
Cámara de máquinas (40%)	0,1744
Potencia total iluminación emergencia	0,503

Tabla 14. Potencia alumbrado de emergencia

**Tabla resumen:**

Potencia total iluminación interior	1,082 kW
Potencia total iluminación exterior	0,770 kW
Potencia total iluminación navegación	0,090 kW
Potencia total iluminación emergencia	0,503 kW

Tabla 15. Resumen de las potencias de iluminación

Por seguridad se añade un margen del 5% dando como resultado:

Potencia total iluminación interior	1,136 kW
Potencia total iluminación exterior	0,809 kW
Potencia total iluminación navegación	0,095 kW
Potencia total iluminación emergencia	0,529 kW

Tabla 16. Resumen de las potencias de iluminación con factor de seguridad

#### 4. Protecciones del equipo eléctrico

El grado de protección del equipo eléctrico depende del lugar donde se sitúa y de la importancia de su servicio, se escoge cada protección según el grado de protección IP de la norma internacional CEI 60529. Siendo:

Equipo		cuadros	alumbrado	Generadores, motores, calentadores	enchufes, interruptores	indicadores, sensores, ..
Situación						
cámara de máquinas	sobre el piso	IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44
	bajo el piso	-	IP 34	IP 44	-	IP 56
	local de control	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22
	Purificadoras	IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44
Superestructuras, casetas, local del servo		IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44
Bodegas		-	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55
Parque de pesca		IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44
Cubierta a la intemperie		-	IP 65	IP 65	IP 65	IP 65
Locales con bombonas, baterías, pinturas, etc.		-	Certificado o seguro	Certificado seguro	Certificado seguro	Certificado seguro
Acomodación		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 22
Cocina, lavandería, etc.		IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44

Tabla 17. Protecciones del equipo eléctrico

#### 5. Situaciones de carga

En conocimiento de los consumos eléctrico, se plantean las diferentes situaciones que se enfrentará el buque proyecto durante los trayectos diarios, ya que no es necesario que estén en continuo funcionamiento todos los sistemas o equipos. Este planteamiento se tendrá en cuenta en el balance eléctrico para evitar el sobredimensionamiento del generador de electricidad.

Las situaciones de carga de mayor relevancia son:

**Puerto:** Antes de la salida del puerto, los tripulantes deben preparar las redes, esta acción sucede a las 5:30 AM por lo que se requiere de iluminación y accionamiento de las maquinillas de malleta.

**Navegación libre:** Situación de navegación a la velocidad de diseño (14 nudos) y el alumbrado exterior está en pleno funcionamiento, ya que a la hora de partida al caladero hay falta de visibilidad.

**Liberar red, mallela y cables:** En este punto los tripulantes se sitúan en la popa de la cubierta principal y accionan las maquinillas para liberar la red, mallela y cables en el orden mencionado. El alumbrado exterior reduce su actividad. Se asume que el alumbrado de los espacios interiores (menos puente) y la gran mayoría de los consumidores de la cocina y comedor no están en funcionamiento ya que toda la tripulación debe situarse en las maquinillas o portones.

**Recogida red, mallela y cables:** A diferencia del apartado anterior, se usará el cabirón de la maquinilla de mallela para elevar el copo, aumentando su consumo ligeramente.

**Arrastre:** Durante el primer lance, la tripulación se encuentra en varios espacios interiores pero principalmente en cocina preparando la comida, por lo que se tendrá en cuenta el funcionamiento del alumbrado interior y los consumidores de cocina y comedor. En el segundo lance, la tripulación clasifica la captura de gamba roja de la anterior operación, por lo que parte del tiempo no están consumiendo, no obstante, se considerará el mismo consumo que en el primer lance por seguridad.

**Emergencia:** Escenario en el que se sigue suministrando electricidad a los servicios esenciales del buque, alimentados por el generador de emergencia. Estos se han comentado previamente y son:

- La instalación radioeléctrica reglamentaria
- El equipo de comunicaciones interiores, los sistemas de detección de incendios, la lámpara de señales diurnas y las señales que puedan necesitarse en caso de emergencia
- Las luces de navegación, si son exclusivamente eléctricas, y las luces de alumbrado de emergencia de los puestos de estiba y arriado de embarcaciones de supervivencia y del exterior del costado del buque, todos los pasillos, escaleras y salidas, los espacios de máquinas y donde se halle la fuente de energía eléctrica de emergencia, la caseta de gobierno y otros puestos de control, y los espacios de manipulación y elaboración del pescado.
- La bomba contra incendios de emergencia.

## 6. Balance eléctrico

Con los datos conocidos hasta el momento se va a realizar el balance eléctrico de la planta del buque proyecto. El proceso consiste en elaborar una tabla con los consumidores ya presentados anteriormente y las condiciones de carga definidas en el apartado previo.

Es relevante diferenciar los conceptos de potencia consumida ( $P_c$ ) por los equipos y servicios; y la potencia demandada ( $P_d$ ), ya que estos valores varían según la situación de carga.

Con el objetivo de determinar cuál es la potencia demandada por cada consumidor en cada condición de carga, se multiplica la potencia consumida con los coeficientes de servicio y régimen; y simultaneidad.

El coeficiente de servicio y régimen ( $K_r$ ) se define como el nivel de trabajo exigido al consumidor dependiendo de la situación, ya que para ciertas condiciones no es necesario que trabaje a su máxima potencia. Por otro lado, el coeficiente de simultaneidad ( $K_n$ ) hace referencia a la cantidad de consumidores del mismo tipo que se encuentran en funcionamiento al mismo tiempo.

Por lo tanto, la potencia demandada por los consumidores se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$P_d = P_c * K_n * K_r$$

Aplicando esta fórmulas con los datos conocidos de las situaciones de carga y los consumidores presentes en el buque proyecto, se procede a realizar el balance eléctrico.

En el balance eléctrico se calcula la potencia demandada de cada consumidor con los valores de los coeficientes de régimen y simultaneidad en cada situación de carga. Se obtiene la potencia total necesaria para cada escenario sumando la potencias demandadas en cada caso.

Para evitar el colapso del sistema eléctrico al no haber considerado ciertos equipos o al generarse variaciones en los regímenes de trabajo en una misma situación, se añade un 5% de factor de seguridad a las potencias totales obtenidas en cada situación de carga.

Por otra parte, sería de gran utilizar conocer la potencia aparente total en cada caso, para ello se requiere el factor de potencia de los equipos instalados. Al ser unos cálculos preliminares, se tomará como valor 0,8; aunque normalmente suele variar entre 0,75 y 1.

- Factor de potencia para equipos y maquinaria:  $\cos \theta = 0,8$
- Factor de potencia para el generador:  $\cos \theta = 0,9$

	Consumidor	Equipos	Kn	Pn inst. (Kw)	Puerto		Navegación libre		Liberar		Recoger		Arrastre		Emergencia	
					Kr	Pd. Nav	Kr	Pd. Man	Kr	Pd. Man	Kr	Pd. Man	Kr	Pd. Man	Kr	Pd. Man
Alumbrado	Interior	1	1	1,136	0,75	0,852	0,85	0,9656	0,3	0,3408	0,3	0,3408	0,3	0,3408	1	1,136
	Exterior	1	1	0,809	1	0,809	0,9	0,7281	0,1	0,0809	0,1	0,0809	0,1	0,0809	1	0,809
	Navegación	1	1	0,095	0,75	0,07125	0,6	0,057	0,6	0,057	0,6	0,057	0,6	0,057	1	0,095
	Emergencia	1	1	0,529	0,1	0,0529	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,529
Equipo electrónico	Ayuda navegación	1	1	26,025	0,66	17,1765	0,8	20,82	0,8	20,82	0,8	20,82	0,8	20,82	1	26,025
	Radiocomunicaciones	1	1	0,2784	0,8	0,22272	0,8	0,22272	0,8	0,22272	0,8	0,22272	0,8	0,22272	1	0,2784
Equipo de trabajo	Maquinilla de cable	1	1	650	0	0	0	0	0,7	390	0,7	390	0	0	0	0
	Maquinilla de malleta	1	1	220	0,3	66	0	0	0,3	55	0,4	66	0	0	0	0
	Tambor	1	1	20	0,7	14	0	0	0,8	18	0,8	18	0	0	0	0
	Nevera/Congelador	1	1	1,5	0,7	1,05	0,7	1,05	0,7	1,05	0,7	1,05	0,7	1,05	0	0
Cámara de máquinas	Bomba de trasiego de combustible MP	2	1	2	0,3	0,6	0,9	1,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,7	1,4	0	0
	Bomba de trasiego de combustible GS	1	1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,125	0,25	0,125	0,25	0,125	0,25	0,125	0	0
	Ventiladores habilitación	3	1	0,3	0,4	0,12	0,8	0,24	0,8	0,24	0,8	0,24	0,8	0,24	0	0
	Ventiladores local emergencia	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,28
	Ventiladores de CM	4	1	0,3	0,4	0,12	0,8	0,24	0,8	0,24	0,8	0,24	0,8	0,24	0	0
	Bomba de descarga a mar	1	1	0,6	0	0	0,6	0,36	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios en cubierta	Servomotor	1	1	0,39	0,8	0,312	0,8	0,312	0,8	0,312	0,8	0,312	0,8	0,312	0	0
	Bomba CI	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1
	Molinete	2	1	5,5	0,75	4,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habilitación	Calentador agua dulce	1	1	6	0	0	0,7	4,2	0	0	0	0	0,5	3	0	0
	Bomba de trasiego agua dulce	1	1	0,4	0,2	0,08	0,8	0,32	0	0	0	0	0,7	0,28	0	0
	Lavadora	1	1	1,5	0,2	0,3	0,8	1,2	0,6	0,9	0,8	1,2	0,8	1,2	0	0
	Secadora	1	1	1,5	0,2	0,3	0,8	1,2	0,6	0,9	0,8	1,2	0,8	1,2	0	0
	Microondas	1	1	0,8	0,2	0,16	0,7	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0
	Horno	1	1	1,2	0	0	0,7	0,84	0,7	0,84	0,9	1,08	0,7	0,84	0	0
	Placa	1	1	1	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lavavajillas	1	1	1,5	0,4	0,6	0,7	1,05	0,7	1,05	0,9	1,35	0,7	1,05	0	0
	Potencia total consumida					107,40137		42,29042		464,17842		493,31842		42,65842		30,1524
	Potencia total consumida +5%					112,771439		44,404941		487,387341		517,984341		44,791341		31,66002
	Potencia aparente (cos $\phi$ =0,8)					140,964298		55,5061763		609,234176		647,480426		55,9891763		39,575025
	Potencia aparente (cos $\phi$ =0,8) +5%					148,012513		58,2814851		639,695885		679,854448		58,7886351		41,5537763

Tabla 18. Balance eléctrico

### 6.1. Generador principal

Sabiendo cual es la carga de los generadores, es posible escoger el más adecuado a las exigencias de los consumidores. El generador diesel escogido [4] es el modelo IV-770 de la marca INMESOL con una capacidad de 700 kVA. Este generador gira a 1500 RPM y la energía eléctrica producida por el alternador será corriente alterna trifásica de 380 V y 50 Hz. Además, el consumo de combustible al 95% de su potencia máxima es de 129 Litros/hora.



Figura 1. Generador principal

Las dimensiones y peso del generador principal son:

Longitud	3620 mm
Ancho	1330 mm
Alto	2816 mm
Peso	4750 kg

Tabla 19. Dimensiones y pesos del generador principal

### 6.2. Generador secundario

La instalación de un generador secundario se debe al bajo consumo en las situaciones de navegación libre y arrastre, en caso de utilizar únicamente el generador principal, estaría trabajando en dos condiciones totalmente diferentes, al 7% y 88% de potencia utilizada, la variación de los regímenes de trabajo tiene como consecuencia el desgaste y rotura prematura del equipo. Con intención de evitar este fenómeno, se procede a instalar un generador secundario.

El generador secundario [8] estará en funcionamiento desde la salida en el puerto hasta la llegada al mismo para la venta de las capturas en la lonja, esto se traduce en 10 horas de



actividades de arrastre y navegación libre. El grupo electrógeno escogido es de la marca YANMAR y modelo YEG750DTLS con capacidad de suministrar 62 KVa, valor superior al requerido por los consumidores. Este trabajará al 90% con un consumo a ese nivel de actividad de 12,8 litros por hora.



Figura 2. Generador secundario

Este modelo en particular, tiene incorporado una caja de aislamiento acústico. Las dimensiones y pesos del generador secundario son:

Longitud	2350 mm
Ancho	920 mm
Alto	1325 mm
Peso	1230 kg

Tabla 20. Dimensiones y pesos del generador secundario

### 6.3. Generador de emergencia

Por otro lado, el generador de emergencia [6][7] debe tener la capacidad necesaria para suministrar 41 kVA en situación de emergencia, para ello se instalará un generador diesel de 45 kVA de la marca YANMAR y modelo YH550DTLS, que trabajará al 90% de su potencia máxima. Gira a 1500 rpm y alimentará la red con corriente alterna trifásica a 380 V y 50 Hz. Se ha escogido con un envolvente de aislamiento sonoro para que reduzca la contaminación acústica característica de los buques de gamba roja.



Figura 3. Generador de emergencias

Las dimensiones y pesos del generador de emergencia son:

Longitud	2100 mm
Ancho	975 mm
Alto	1325 mm
Peso	960 kg

Tabla 21. Dimensiones y pesos del generador de emergencia

El generador de emergencias, según se han realizado las previsiones del balance eléctrico, cumplirá con las exigencias del Real Decreto 543/2007 expuestas en el apartado 2.1 de este mismo documento.

## 7. Transformadores

Se requiere de transformadores en el buque proyecto ya que en la instalación existen tres tensiones: 380V, 230 V y 24 V. La tensión producida por los generadores principales es de 380 V, esta es adecuada para el cuadro primario y de emergencias. No obstante, se requiere de un transformador para adaptar las características de la tensión original a las requeridas en el cuadro secundario a 230 V. Los transformadores se instalan por duplicado para abastecer a todos los consumidores en caso de avería de uno. El tipo de transformador que se requiere es:

### 7.1 Transformador 380/230 V

Con el objetivo de suministrar electricidad a la red de habilitación y puente entre otros, se dispondrán de dos equipos transformadores [5], uno en cámara de máquinas y otro junto al generador de emergencia. Estos transformarán la tensión obtenida directamente de los

generadores principales de 380 V a la tensión adecuada para el cuadro secundario, es decir, 230 V.



Figura 4. Transformador 380/230 V

Por otra parte, los elementos que requieren 24 V estarán conectados a la red de 230 V y ya disponen de su propio transformador para modificar la corriente a las características que necesiten.

## Bibliografía

- [1] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L)
- [2] MAPSA. Catálogo de productos. [Consultado el 20/06/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.mapsasl.com>
- [3] Norma europea sobre la iluminación para interiores. UNE 12464.1. [Consultado el 28/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.saltoki.com/iluminacion/docs/03-UNE-12464.1.pdf>
- [4] INMESOL. Ficha técnica del grupo electrógeno. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.inmesol.es/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-grupo-electrogenero.asp>
- [5] Clarkia. Catálogo de productos. [Consultado el 25/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://clarkia1.net/en/transformadores-y-autotransformadores-trifasicos-de-05-a-5-000-kva-baja-tension-y-secos/>
- [6] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY\\_5.pdf](https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY_5.pdf)
- [7] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 11/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel\\_generators/yhseries/](https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel_generators/yhseries/)
- [8] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 11/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel\\_generators/yeg\\_4pole/](https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel_generators/yeg_4pole/)

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 9**

### **Resistencia estructural**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía





# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. SITUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>2</b>
<b>3. TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>2</b>
3.1 CLARA ENTRE CUADERNAS, BAOS Y VARENGAS	2
<b>4. ESPESORES, MÓDULO DE SECCIÓN E INERCIA</b>	<b>3</b>
4.1 CHAPA/FORRO DE FONDO	4
4.2 QUILLA	6
4.3 VARENGAS	7
4.4 REFUERZOS LONGITUDINALES	7
4.5 CUADERNAS DE FONDO	9
4.6 ESTRUCTURA LATERAL Y CUADERNAS DEL COSTADO	10
4.7 CUBIERTAS	10
4.8 BAOS	11
4.9 ESLORAS	12
4.10 BARRAGANETE	13
4.11 REFUERZO DE LA CASETA	14
4.12 MAMPAROS ESTANCOS	15
4.12.1 MAMPARO DE PROA	15
4.12.2 MAMPARO DE CÁMARA DE MÁQUINAS	16
4.12.3 MAMPARO DE CUBIERTA DE FRANCOBORDO	16
4.13 CASETA	17
<b>5. LAMINADOS</b>	<b>19</b>
5.1 LAMINADO EN REFUERZOS	20
<b>6. MÓDULO DE SECCIÓN E INERCIA</b>	<b>22</b>
6.1 RESULTADOS	24
6.1.1 VARENGA	25
6.1.2 REFUERZO LONGITUDINAL 1	26
6.1.3 REFUERZO LONGITUDINAL 2	27

6.1.4 CUADERNA	28
6.1.5 BAOS FRANCOBORDO	29
6.1.6 BAOS CASETA	30
6.1.7 ESLORA FRANCOBORDO	31
6.1.8 ESLORA CASETA	32
6.1.9 BARRAGANETE	33
<b>6.1.10 REFUERZO CASETA</b>	<b>34</b>
<b>7. CUADERNA MAESTRA</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>36</b>

---

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. QUILLA PLANA.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 2. TEJIDO MAT .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 3. TEJIDO ROVING .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 4. LAMINADO SIMPLE DE LOS REFUERZOS.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 5. IDENTIFICACIÓN DEL LAMINADO .....</b>	<b>22</b>

## Lista de tablas

<b>TABLA 1. PROPIEDADES FÍSICAS MÍNIMAS DEL LAMINADO .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 2. COEFICIENTE K .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 3. VARIABLES DEL FORRO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 4. VARIABLES DE LA QUILLA .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 5. VARIABLES DE LA VARENGA .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 6. VARIABLES DEL REFUERZO LONGITUDINAL I.....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 7. VARIABLES DEL REFUERZO LONGITUDINAL II.....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 8. RESULTADOS DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES.....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 9. VARIABLES DE LA CUADERNA DE FONDO .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 10. VARIABLES DE LAS CUBIERTAS .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 11. VARIABLES DE LOS BAOS DE CASETA.....</b>	<b>12</b>
<b>TABLA 12. RESULTADOS DE LOS BAOS .....</b>	<b>12</b>
<b>TABLA 13. VARIABLES DE LA ESLORA DE FRANCOBORDO .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 14. VARIABLES DE LA ESLORA DE CASETA.....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 15. MÓDULO DE SECCIÓN E INERCIA MÍNIMA DE LOS BAOS .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 16. VARIABLES DEL BARRAGANETE .....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 17. MÓDULO DE SECCIÓN E INERCIA MÍNIMA DE LOS BARRAGANETES.....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 18. VARIABLES DE LOS REFUERZOS DE CASETA.....</b>	<b>15</b>

<b>TABLA 19. SECCIÓN DEL MÓDULO E INERCIA MÍNIMA DE LOS REFUERZOS CASETA.....</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 20. VARIABLES DEL MAMPARO DE COLISIÓN I .....</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 21. VARIABLES DEL MAMPARO DE COLISIÓN II .....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 22. VARIABLES DEL MAMPARO DE CM I.....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 23. VARIABLES DEL MAMPARO DE CM II .....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 24. VARIABLES DEL MAMPARO DE CM III.....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 25. ESPESORES DE LAS PAREDES DE LA CASETA .....</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 26. LAMINADO DE LOS REFUERZOS PROPUESTO .....</b>	<b>21</b>
<b>TABLA 27. ANCHO DE LOS REFUERZOS Y ANCHO EFECTIVO DE LA CHAPA ASOCIADA .....</b>	<b>23</b>

## **1. Introducción**

En este cuaderno se definen los espesores, módulo de sección e inercias de los elementos que forman la estructura del buque para dimensionarlos correctamente y tengan la capacidad de soportar los momentos y esfuerzos a los que van a estar sometidos.

Los escantillones de la estructura se van a calcular de acuerdo con un reglamento actualizado de una organización reconocida, en este caso se acude al reglamento de la sociedad de clasificación American Bureau of Shipping "Rules for Building and Classing Reinforced Plastic Vessels" del año 1978. La normativa aplica a barcos de menos de 61 metros sin limitación de zona de navegación.

El proceso de cálculo se basa en aplicar las fórmulas de la normativa mencionada para obtener los espesores, módulo de sección e inercias mínimas, y así luego se dimensionan los elementos con un valor elevado a los cálculos mínimos.

## 2. Situación de los elementos estructurales

La disposición de los elementos estructurales se va a realizar, como bien se ha comentado previamente, siguiendo las directrices del Real Decreto 543/2007 [4] y la Sociedad de Clasificación ABS [1].

La elección de la Sociedad de Clasificación American Bureau of shipping se debe a que la información que ofrece para los buques de pesca de fibra de vidrio reforzada es muy completa facilitando una gran cantidad de fórmulas para el cálculo del dimensionamiento y el laminado en cada uno de los elemento en comparación con la normativa de Lloyd's Register o la DNV GL.

Las decisiones que determinan la posición y dimensionamiento de los elementos se explicarán en cada apartado.

## 3. Tipo de estructura

En el Real Decreto 543/2007 [4] se explican los tipos de estructura que pueden realizarse en el buque, siendo el **fondo de estructura**: Transversal o longitudinal.

Los refuerzos longitudinales serán preferiblemente continuos a través de los transversales; en otro caso se dispondrá su continuidad por medio de consolas dispuestas en las varengas y mamparos. En este caso los refuerzos longitudinales serán continuo sobre los transversales para evitar las consolas.

Si la estructura **fuese longitudinal**, los refuerzos longitudinales se apoyarán en los anillos estructurales reforzados: Varengas, bulárcamas y baos reforzados. Estos refuerzos transversales irán debidamente reforzados en cada paso de los longitudinales.

Por otra parte, la otra opción de estructura y que se va a disponer en el buque es la **transversal**, tanto en la estructura de **fondo** como de **costado** y de **cubierta**, donde el Real Decreto 543/2007 menciona que se dispondrán varengas en cada clara de cuadernas.

Las cuadernas se unirán eficazmente a las varengas y baos; y se dispondrán baos en cada clara de cuadernas por determinación del Real Decreto 543/2007. Por lo tanto, el espaciado entre cuadernas será común para los baos y varengas.

### 3.1 Clara entre cuadernas, baos y varengas

Repitiendo lo comentado en el cuaderno 3, a pesar de la gran cantidad de información que se encuentra en la normativa de la ABS, no se menciona ningún cálculo o fórmula que permita estimar la clara entre cuadernas en buques de plástico reforzado con fibra de vidrio, la única limitación presente al establecer los espaciados entre los refuerzos es que la distancia máxima entre ellos es de 2,2 metros. De igual forma sucede con la Sociedad de Clasificación DNV GL de

la edición 2020 [2], acudiendo a la normativa específica de los buques de pesca, Capítulo 12 de la Parte 5, no hay mención al espaciado entre cuadernas. Sin embargo, en la edición 2003 de la normativa DNV GL [3], exactamente en el artículo 101, punto B, sección 1, capítulo 6, parte 5; sí que se facilita una fórmula de estimación de la clara entre cuadernas:

$$S_s = 0,48 + 0,002 * L_{pp} (m)$$

Siendo:

Lpp o Eslora entre perpendiculares = **19,346 metros**

El espaciado de las cuadernas debe ser aproximadamente:

$$S_s = 0,48 + 0,002 * 19,346 = 0,519 m$$

Ajustando las cuadernas con una separación equidistante a la longitud del buque desde el extremo de popa hasta la perpendicular de proa (19,98 metros), se obtiene un número de 40 cuadernas con un espaciado de 515.2 mm, un valor muy similar al estimado con la fórmula de la DNV GL.

Exactamente, el número de cuadernas sería de 39,71; pero las cuadernas son un número entero que al ser redondeado hacía abajo, el espacio entre cuadernas es mayor a lo estimado y su dimensionamiento será mayor, en caso de redondear hacía arriba, habrán más cuadernas en menos espacio por lo que la cantidad de material necesario para formar las cuadernas será menor.

#### **4. Espesores, módulo de sección e inercia**

A lo largo de este apartado se definirán los espesores, módulo de sección e inercia de:

- Chapa/Forro
- Quilla
- Varenga
- Cuadernas
- Refuerzos longitudinales
- Baos



- Cubiertas
- Esloras
- Mamparos
- Barraganete
- Refuerzo de caseta
- Caseta

El tipo de laminado con el que se construye el buque puede ser monolítico o en sandwich, en este caso se usará monolítico, es decir, una mezcla de fibra de vidrio con resina. Las propiedades físicas mínimas del laminado monolítico son las siguientes:

Propiedades físicas mínimas del laminado		
Carga a flexión	17.5	kg/mm <sup>2</sup>
Módulo a flexión	770	kg/mm <sup>2</sup>
Carga a tracción	12.6	kg/mm <sup>2</sup>
Módulo a tracción	700	kg/mm <sup>2</sup>
Carga a compresión	11.9	kg/mm <sup>2</sup>
Módulo a compresión	700	kg/mm <sup>2</sup>
Carga cortante perpendicular a la dirección principal de las fibras	7.7	kg/mm <sup>2</sup>
Carga cortante paralela a la dirección principal de las fibras	6.3	kg/mm <sup>2</sup>
Módulo cortante perpendicular a la dirección principal de las fibras	315	kg/mm <sup>2</sup>
Carga cortante interlaminar	0.7	kg/mm <sup>2</sup>

Tabla 1. Propiedades físicas mínimas del laminado

#### 4.1 Chapa/Forro de fondo

La chapa o forro de la estructura inferior que forma el casco se extiende desde el canto inferior de la quilla hasta 150 mm por encima de la línea de flotación de diseño.

En la normativa ABS, exactamente en el punto 7.1.3, se menciona que el espesor mínimo del laminado monolítico en un barco de desplazamiento no debe ser menos que el resultado obtenido por las siguientes ecuaciones:

$$t_1 = 0,0510s\sqrt[3]{kh} \text{ (mm)}$$

Donde:

**t** es el espesor del laminado en mm.

**s** es la medida del lado más corto del panel de la plancha que forma el forro en milímetros, corresponde con la clara entre cuadernas.

**h** es la distancia desde el canto más bajo del panel de forro hasta el costado de la cubierta de francobordo en metros, este valor corresponde con el puntal.

**k** es un coeficiente que varía según la relación de aspecto del panel que forma el forro.

k	Relación de aspecto
0,028	>2
0,028	2
0,027	1,9
0,027	1,8
0,026	1,7
0,025	1,6
0,024	1,5
0,023	1,4
0,021	1,3
0,019	1,2
0,016	1,1
0,014	0,014

Tabla 2. Coeficiente k

En este caso, la relación de aspecto del panel es de 2,66; valor superior a 2 que corresponde con una k de 0,028.

Las variables del buque proyecto son:

s	515,2	mm
k	0,028	
h	3	m

Tabla 3. Variables del forro

Aplicando la fórmula con los valores anteriores, se obtiene que el espesor mínimo es de:

$$t_1 = 11,51 \text{ mm}$$

Al tener los paneles del fondo las mismas dimensiones, el procedimiento se simplifica a un solo cálculo.

## 4.2 Quilla

La quilla escogida para el buque es vertical, por lo que la fórmula que se debe aplicar para calcular el espesor del laminado simple en la quilla es:

$$t_{quilla} = 1,5 * t \text{ (mm)}$$

$$w = 0.25 * H \text{ (mm)}$$

La misma normativa facilita imágenes para visualizar la transición del espesor del forro al laminado de la quilla.

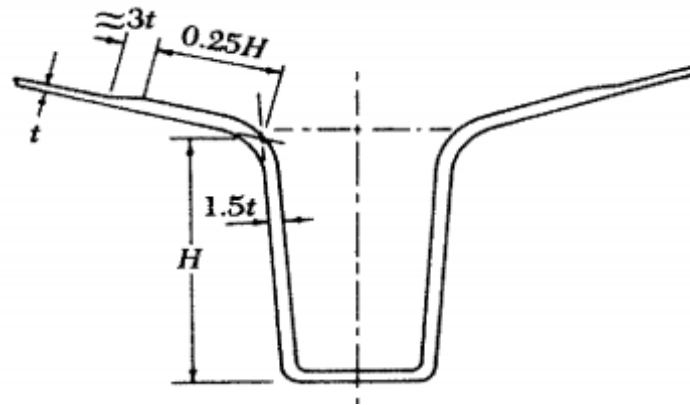


Figura 1. Quilla plana

Donde:

$t_{quilla}$  es el espesor del laminado de la quilla.

$t$  es el espesor de la plancha del forro calculado previamente.

$w$  es el ancho de la quilla (donde se aplica el  $t_{quilla}$ ).

$H$  es la altura de la quilla en milímetros.

En este caso:

$t$	11,51	mm
$H$	544	mm

Tabla 4. Variables de la quilla

ustituyendo los valores en la fórmula se obtiene:

$$w = 136 \text{ mm}$$

$$t_{quilla} = 17,26 \text{ mm}$$

### 4.3 Varengas

Las varengas junto con las cuadernas y los refuerzos longitudinales serán los elementos que formarán la estructura de soporte del casco. Las dimensiones de este estarán definidas por el módulo de sección y el momento de inercia, el cual no debe ser inferior a:

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima de las varengas

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima de las varengas

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0.9.

**s** es el espacio entre las varengas en metros.

**l** es la longitud no soportada por las varengas en metros, es decir, el espaciado entre refuerzos longitudinales.

**h** es la altura desde el centro del área soportada por las varengas hasta el costado de la cubierta de francobordo.

En este caso:

c	0.9	
l	1.97	m
s	0.5152	m
h	2,15	m

Tabla 5. Variables de la varenga

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$SM = 75,06 \text{ cm}^3$$

$$I = 265,91 \text{ cm}^4$$

### 4.4 Refuerzos longitudinales

El proceso de cálculo de la sección del módulo y de la inercia para los refuerzos longitudinales es similar a las varengas, solamente cambian las variables propias de estos elementos de refuerzo, en la normativa ABS los refuerzos longitudinales se consideran "girders".

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Fórmula . Módulo de sección mínima de los refuerzos longitudinales

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 (\text{cm}^4)$$

Fórmula . Inercia mínima de los refuerzos longitudinales

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0.9.

**s** es el espacio entre los refuerzos longitudinales en metros.

**l** es la longitud no soportada por los refuerzos longitudinales en metros.

**h** es la altura desde el centro del área soportada por los refuerzos longitudinales hasta el costado de la cubierta de francobordo.

En este caso se dispondrá de dos refuerzos longitudinales con distancia entre ellos equidistante desde la quilla hasta el costado de la cubierta de francobordo, los valores de cada refuerzo son:

Refuerzo longitudinal 1		
c	0,9	
h	2,15	m
s	1,39	m
l	0,5152	m

Tabla 6. Variables del refuerzo longitudinal I

Refuerzo longitudinal 2		
c	0,9	
h	1,27	m
s	1,39	m
l	0,5152	m

Tabla 7. Variables del refuerzo longitudinal II

Sustituyendo se obtiene:

Refuerzo longitudinal 1		
SM	13,85	cm3
I	12,83	cm4
Refuerzo longitudinal 2		
SM	8,22	cm3
I	7,62	cm4

Tabla 8. Resultados de los refuerzos longitudinales

#### 4.5 Cuadernas de fondo

Las cuadernas son elementos que aportan resistencia estructural al buque y por seguridad, la normativa establece una distancia máxima entre refuerzos de 2,44 metros.

El cálculo de la sección del módulo y de la inercia se realiza con la misma fórmula utilizada en las varengas y refuerzos longitudinales, se encuentra en el apartado "Frames" de la sección 7.

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima de las cuadernas

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima de las cuadernas

Donde:

**c** es un coeficiente fijo en los buques de desplazamiento y estructura transversal, 0.85.

**l** es la longitud no soportada por la cuaderna en metros.

**s** es el espacio entre las cuadernas en metros.

**h** es la altura desde el centro del área soportada por las cuadernas de fondo hasta el costado de la cubierta de francobordo.

En este caso:

c	0.85	
l	1.39	m
s	0.5152	m
h	1,7714	m

Tabla 9. Variables de la cuaderna de fondo

Sustituyendo se obtiene que:

$$SM = 29,04 \text{ cm}^3$$

$$I = 72,60 \text{ cm}^4$$

#### 4.6 Estructura lateral y cuadernas del costado

La chapa de costado es la zona de la estructura que se encuentra entre la limitación de la estructura de fondo (150 mm. por encima de la línea de flotación) y la cubierta de francobordo. Como esta distancia es de 30 cm, se considerará desde la quilla hasta la cubierta de francobordo toda la estructura como fondo. De modo que, los valores de la chapa de fondo y cuadernas de fondo se aplican a la estructura lateral.

#### 4.7 Cubiertas

El espesor del laminado monolítico de cada cubierta no debe ser menos que el obtenido por la siguiente ecuación:

$$t = 0.0642 * s \sqrt[3]{k * c * h} \quad (\text{mm})$$

Donde:

**t** es el espesor de la cubierta en mm.

**s** es el espacio entre baos en mm.

**k** coeficiente que depende de la relación de aspecto del área entre los refuerzos de cubierta.

**c** es un coeficiente fijo, 0,7.

**h** es la altura en metros cuya fórmula varía del lugar en el que se sitúa.

$$h_{\text{Cubierta de francobordo}} = 0,02 * L + 0,76 \text{ m}$$

$$h_{\text{Caseta}} = 0,02 * L + 0,46 \text{ m} \quad \text{o} \quad 0,70 \text{ m min}$$

Donde:

L = Eslora entre perpendiculares (19,346 metros)

En este caso para ambas cubiertas:

s	515,2	mm
k	0,028	
c	0,7	
h francobordo	1,14	m
h caseta	0,84	m

Tabla 10. Variables de las cubiertas

Por lo tanto, el espesor mínimo para cada una de las cubiertas es de:

$$t_{\text{Cubierta de francobordo}} = 4,95 \text{ mm}$$

$$t_{\text{Caseta}} = 4,26 \text{ mm}$$

#### 4.8 Baos

Los baos son elementos de refuerzo transversal que se sitúan en el canto inferior de las cubiertas. La sección del módulo y la inercia en estos elementos debe ser como mínimo el valor obtenido por las siguientes fórmulas:

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima de los baos

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima de los baos

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0,7.

**s** es el espacio entre los baos en metros.

**l** es la zona no soportada por los baos en m.

**h** es la altura en metros cuya fórmula varía del lugar en el que se sitúa.

$$h_{\text{Cubierta de francobordo}} = 0,02 * L + 0,76 \text{ m}$$

$$h_{\text{Caseta}} = 0,02 * L + 0,46 \text{ m}$$

En este caso es:

Bao en cubierta de francobordo		
c	0,7	
h	1,14	m
s	0,5152	m
l	1,745	m

Tabla 11. Variables de los baos de francobordo



Bao en cubierta de caseta		
c	0,7	
h	0,84	m
s	0,5152	m
l	1,8	m

Tabla 11. Variables de los baos de caseta

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

Baos en cubierta de francobordo		
SM	24,40	cm <sup>3</sup>
I	76,59	cm <sup>4</sup>
Baos en cubierta de caseta		
SM	19,17	cm <sup>3</sup>
I	62,07	cm <sup>4</sup>

Tabla 12. Resultados de los baos

#### 4.9 Esloras

El procedimiento de cálculos de las dimensiones mínimas es el mismo que en los baos:

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima de las eslora

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima de las esloras

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0,6.

**s** es el espacio entre las esloras en metros.

**l** es la zona no soportada por las esloras en m.

**h** es la altura en metros cuya fórmula varía del lugar en el que se sitúa.

$$h_{\text{Cubierta de francobordo}} = 0,02 * L + 0,76 \text{ m}$$

$$h_{\text{Caseta}} = 0,02 * L + 0,46 \text{ m}$$

En este caso es:

Eslora en cubierta de francobordo		
c	0,6	
h	1,14	m
s	1,745	m
l	0,5152	m

Tabla 13. Variables de la eslora de francobordo

Eslora en cubierta de caseta		
c	0,6	
h	0,84	m
s	1,8	m
l	0,5152	m

Tabla 14. Variables de la eslora de caseta

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

Eslora en cubierta de francobordo		
SM	6,17	cm <sup>3</sup>
I	5,72	cm <sup>4</sup>
Eslora en cubierta de caseta		
SM	4,70	cm <sup>3</sup>
I	4,36	cm <sup>4</sup>

Tabla 15. Módulo de sección e inercia mínima de los baos

#### 4.10 Barraganete

Las fórmulas de obtención de la sección del módulo y la inercia se repiten nuevamente:

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima del barraganete

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima del barraganete

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0,6.

**s** es el espacio entre los barraganetes en metros.

**l** es la zona no soportada por los barraganetes en m.

**h** es la altura en metros cuya fórmula varía del lugar en el que se sitúa.

$$h_{\text{Cubierta de francobordo}} = 0,02 * L + 0,76 \text{ m}$$

En este caso es:

Barraganete		
c	0,7	
h	1,147	m
s	0,5152	m
l	1,0632	m

Tabla 16. Variables del barraganete

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

Barraganete		
SM	9,06	cm <sup>3</sup>
I	17,32	cm <sup>4</sup>

Tabla 17. Módulo de sección e inercia mínima de los barraganetes

#### 4.11 Refuerzo de la caseta

El procedimiento de los cálculos de las dimensiones mínimas los refuerzos de la caseta son:

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Módulo de sección mínima del refuerzo de la caseta

$$I = 34.85 c * h * s * l^3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

Inercia mínima del refuerzo de la caseta

Donde:

**c** es un coeficiente fijo, 0,6.

**s** es el espacio entre los refuerzos de de la caseta en metros.

**l** es la zona no soportada por los refuerzos de la caseta en m.

**h** es la altura en metros cuya fórmula varía del lugar en el que se sitúa.

$$h_{\text{Cubierta de francobordo}} = 0,02 * L + 0,76 \text{ m}$$

En este caso es:

Refuerzos de la caseta		
c	0,7	
h	1,14692	m
s	0,5152	m
l	1,3248	m

Tabla 18. Variables de los refuerzos de caseta

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

Refuerzos de la caseta		
SM	14,06	cm3
I	33,51	cm4

Tabla 19. Sección del módulo e inercia mínima de los refuerzos caseta

#### 4.12 Mamparos estancos

En este buque se instalan 4 mamparos estancos: uno en proa como mamparo de colisión, otros 2 que limitan la cámara de máquinas y el último la habitación y la zona de trabajo en la cubierta de francobordo.

La ecuación que define el espesor de estos mamparos es la siguiente:

$$t = 0,0404s\sqrt[3]{kh} \text{ (mm)}$$

Espesor de los mamparos estancos

Donde:

**t** es el espesor en mm.

**s** es la longitud del lado más corto del panel en mm.

**h** es la distancia del extremo más bajo del panel al centro del mamparo en m.

**k** es el coeficiente que varía según la relación de aspecto.

##### 4.12.1 Mamparo de proa

De quilla hasta cubierta de francobordo ( $t_1$ ):

Mamparo colisión proa hasta francobordo		
s	1390	mm
k	0,028	
h	1,5	m

Tabla 20. Variables del mamparo de colisión I

De cubierta de francobordo hasta la cubierta de la caseta ( $t_2$ ):

Mamparo colisión proa hasta caseta		
s	1800	mm
k	0,028	
h	1,17	m

Tabla 21. Variables del mamparo de colisión II

Sustituyendo se obtiene como resultado que:

t1	19,52	mm
t2	23,27	mm

#### 4.12.2 Mamparo de cámara de máquinas

De quilla hasta cubierta de francobordo en proa ( $t_1$ ):

Mamparo cámara de máquinas proa fb		
s	1390	mm
k	0,028	
h	1,358	m

Tabla 22. Variables del mamparo de CM I

De quilla hasta cubierta de francobordo en popa ( $t_2$ ):

Mamparo cámara de máquinas popa fb		
s	1390	mm
k	0,028	
h	0,878	m

Tabla 23. Variables del mamparo de CM II

Sustituyendo se obtiene como resultado que:

t1	18,88	mm
t2	16,33	mm

#### 4.12.3 Mamparo de cubierta de francobordo

De cubierta de francobordo en proa hasta la cubierta de la caseta ( $t_3$ ):

Mamparo cámara de máquinas proa cst		
s	1800	mm
k	0,028	
h	1,183	m

Tabla 24. Variables del mamparo de CM III

Sustituyendo se obtiene como resultado que:

t3	23,35	mm
----	-------	----

#### 4.13 Caseta

En la normativa de la ABS se considera que una superestructura como una estructura cerrada en la cubierta de francobordo cuyas planchas laterales están separadas del costado menos del 4% de la manga del buque. En caso contrario, la estructura cerrada se considera una caseta.

Las cargas de diseño que se van a utilizar para calcular el escantillonado de la caseta se calculan en función del valor h:

##### h de la zona frontal

$$h = 0.0199L + 0,51 \text{ (m)}$$

##### h de la zona lateral

$$h = 0,0159L + 0,27 \text{ (m)}$$

El espesor de los diferentes paneles, no será menor que:

$$t = 0.051 * s * \sqrt[3]{k * h}$$

Donde:

**L** es la eslora entre perpendiculares en m.

**t** es el espesor en mm.

**s** es la longitud más corta del panel considerado en mm.

**k** es el coeficiente que depende de la relación de aspecto del panel.

**h** es el valor calculado previamente.

En este caso la forma de la superestructura está formada por 8 paredes que se calculan a continuación:

Caseta lateral popa (2)		
s	2000	mm
k	0,016	
h costados	0,57	m

Caseta lateral proa (2)		
s	2000	mm
k	0,019	
h costados	0,57	m

Caseta popa (1)		
s	2000	mm
k	0,025	
h frontal	0,89	m

Caseta proa central (1)		
s	1060	mm
k	0,027	
h frontal	0,89	m

Caseta proa lateral (2)		
s	950	mm
k	0,028	
h frontal	0,89	m

Sustituyendo se obtiene como resultado:

Caseta lateral popa		
t	21,40	mm
Caseta lateral proa		
t	22,66	mm
Caseta popa		
t	28,74	mm
Caseta proa central		
t	15,62	mm
Caseta proa lateral		
t	14,17	mm

Tabla 25. Espesores de las paredes de la caseta

## 5. Laminados

La capa de gel coat, top coat y otras capas superficiales no se incluirán en los cálculos de escantillando ya que no se considera estructural.

Se laminará con capas de tejido mat (CSM) y roving, cuya correspondencia entre el gramaje de las capas de laminado y el espesor final obtenido es de 0,16 mm de espesor por cada 100 g/m<sup>2</sup> de roving (T) y 0,25 mm de espesor por cada 100 g/m<sup>2</sup> de mat (M). Además, el laminado real puede variar en un 15% respecto el espesor medio.

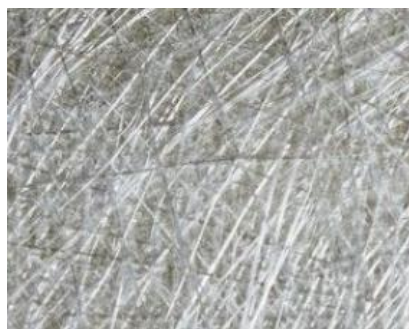


Figura 2. Tejido mat



Figura 3. Tejido roving



## 5.1 Laminado en refuerzos

En los apartados previos se determinaron los espesores requeridos para cada elemento, para alcanzar ese grosor se usarán capas de tejido mat y roving con diferente gramaje empezando con capas de baja calidad de acabado hasta capas de tejido de 600 mat. La cantidad de capas de alto nivel de acabado que se requieren dependen del tipo de buque y las exigencias del armador, en un pesquero no es un factor de relevancia aunque se tendrá en cuenta en el proceso de cálculo.

A continuación se mostrará una tabla de los elementos que precisan solamente de un laminado, que capas se proponen para aplicar y el grosor final propuesto:

Lugar		t requerido (mm)	laminado	t propuesto (mm)
Estructura de fondo	Forro del fondo	11,51	5 M300	11,65
			3 T500	
			4 M400	
			1 M600	
	Quilla	17,26	5 M300	17,85
			3 T500	
			4 M400	
			1 M600	
			4 T500	
			2 M600	
Mamparo de proa	De quilla a c. de francobordo	19,52	6 M300	19,59
			6 M450	
			3 T800	
			3 M600	
	De c. de francobordo a caseta	23,27	6 M300	23,39
			6 M450	
			3 T800	
			3 M600	
			1 T500	
			2 M600	
Mamparo de cámara de máquinas de proa	De quilla a c. de francobordo	18,88	7 M300	18,95
			8 M450	
			4 T500	
			1 M600	
	De c. de francobordo a caseta	23,35	7 M300	23,55
			8 M450	
			4 T500	
			1 M600	
			2 T500	
			2 M600	

Mamparo de cámara de máquinas de popa	De quilla a c. de francobordo	16,33	7 M300	16,7
			6 M450	
			4 T500	
			1 M600	
Cubierta	Francobordo	4,95	4 T500	5,2
			2 M400	
	Caseta	4,26	3 T500	4,4
			2 M400	
Caseta	Lateral popa	21,4	7 M300	22,05
			8 M450	
			4 T500	
			1 M600	
			2 T500	
			1 M600	
	Lateral proa	22,66	7 M300	22,85
			8 M450	
			4 T500	
			1 M600	
			3 T500	
			1 M600	
	Popa	28,74	7 M300	28,95
			8 M450	
			4 T500	
			1 M600	
			5 T500	
			4 M600	
	Proa central	15,62	7 M300	15,9
			6 M450	
			3 T500	
			1 M600	
	Proa lateral	14,17	7 M300	14,3
			6 M450	
			1 T500	
			1 M600	

Tabla 26. Laminado de los refuerzos propuesto

Como se puede observar, los refuerzos comparten los mismos gramajes e incluso el mismo patrón de capas para facilitar el proceso de compra de los materiales y construcción de los elementos.

## 6. Módulo de sección e inercia

El módulo de sección e inercia de los refuerzos se determinan por el laminado y el panel asociado. En el laminado simple, el ancho efectivo del panel o plancha asociada es igual a la distancia entre refuerzos en milímetros o al ancho obtenido por la siguiente fórmula, el que sea menor de ambos, más adelante se observará que el valor mínimo en todos los casos es el obtenido por la fórmula.

$$w = 18t + b \text{ (mm)}$$

Dónde:

w = Ancho efectivo

t = espesor del panel o plancha en mm

b = grosor del refuerzo en mm

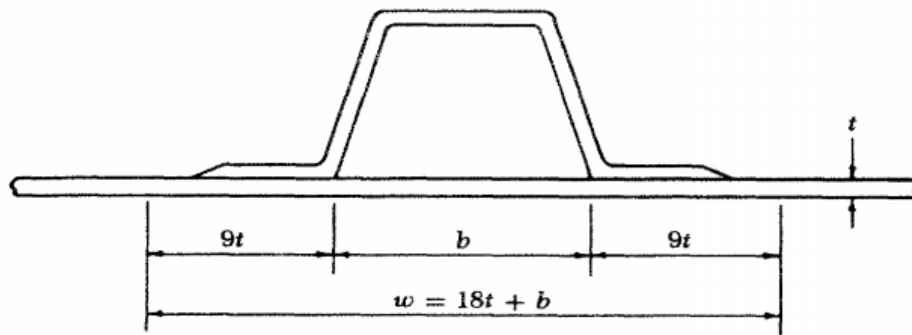


Figura 4. Laminado simple de los refuerzos

Con la intención de simplificar los cálculos, se identifica cada parte del laminado de la siguiente forma:

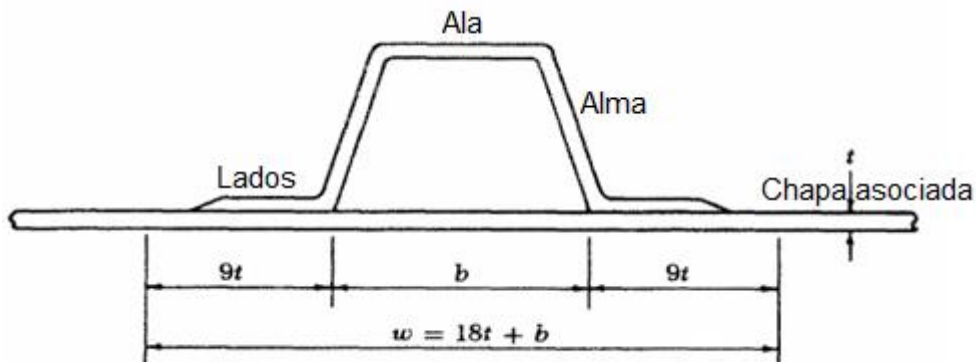


Figura 5. Identificación del laminado

Se han resumido los valores del módulo de la sección e inercia junto con el ancho de los refuerzos y el ancho efectivo de la chapa asociada en la siguiente tabla:

	SM	I	b (ancho refuerzo)	w=18t+b	w en cm
Varenga	37,37	93,41	20	227,18	22,718
Refuerzo longitudinal 1	13,85	12,83	5	212,18	21,218
Refuerzo longitudinal 2	8,22	7,62	10	217,18	21,718
Cuaderna	29,04	72,6	20	227,18	22,718
Bao francobordo	24,4	76,59	10	217,18	21,718
Bao caseta	19,17	62,07	20	227,18	22,718
Eslora francobordo	6,17	5,72	10	217,18	21,718
Eslora caseta	4,7	4,36	10	217,18	21,718
Barraganete	9,06	17,32	10	217,18	21,718
Refuerzo superestructura	14,06	33,51	15	222,18	22,218

Tabla 27. Ancho de los refuerzos y ancho efectivo de la chapa asociada

El proceso de cálculo de la inercia y módulo de sección es el siguiente:

- Determinar en una primera estimación las dimensiones de los elementos que formarán el laminado.
- Calcular el centro de gravedad en el eje de las ordenadas a partir de las áreas de cada elemento y la altura del centro geométrico con el eje de referencia.

$$CDGy = \frac{A1 * Y1 + A2 * Y2}{A1 + A2}$$

- Calcular la inercia de cada elemento considerándolos como una sección rectangular

$$I_x = \frac{b * h^3}{12}$$

- Aplicar el teorema de Steiner conociendo la inercia, área y posición del centro de gravedad de cada elemento.

$$I = I_1 + A_1 * d_1^2 + I_2 + A_2 * d_2^2$$

- Finalmente, el módulo de la sección se determina de la siguiente forma:

$$SM = \frac{I}{c}$$

$$c = \text{Altura total} - CDGy$$

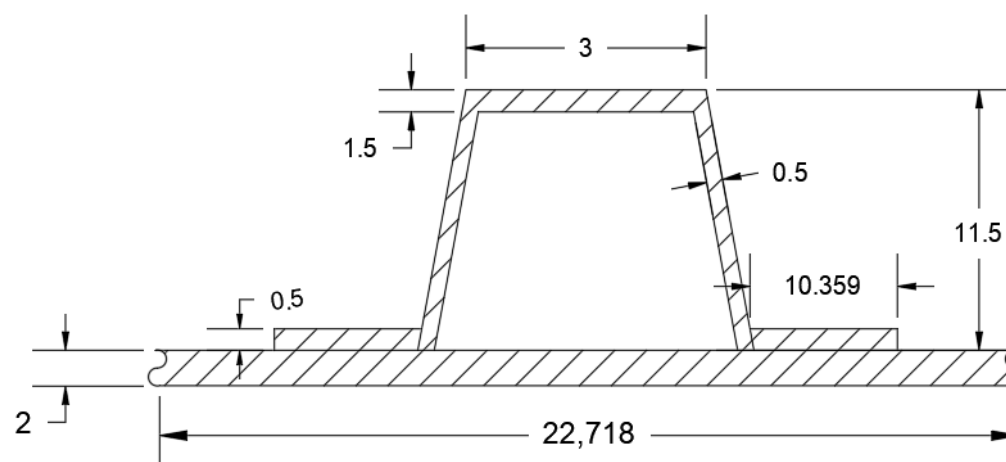
## **6.1 Resultados**

Los resultados que se van a mostrar a continuación están separados por cada refuerzo y se podrá corroborar que las dimensiones propuestas se ajustan correctamente a los valores de módulo de sección e inercias requeridas.

### 6.1.1 Varenga

varenga	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	3	1,5	4,5	7,75	34,88	0,84	152,35	153,19
Área alma	2	0,5	5	5	4,5	22,50	5,21	32,99	38,19
Área lados	2	10,359	0,5	10,359	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	22,718	2	45,436	1	45,44	15,15	39,43	54,57
TOTAL				65,295		126,12			247,11

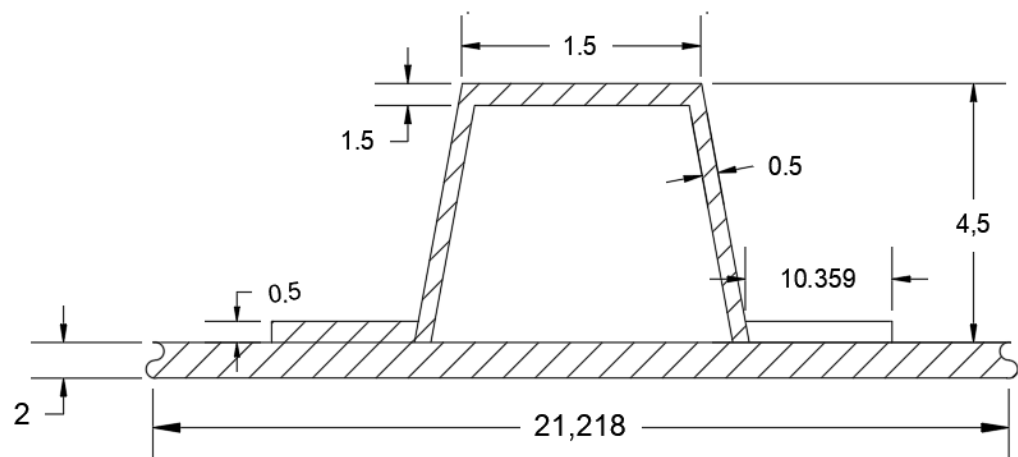
cdg	1,93		
I	247,11	I requerida	93,41
c	6,57		
SM	37,62	SM requerida	37,37



### 6.1.2 Refuerzo longitudinal 1

Refuerzo longitudinal 1	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	1,5	1,5	2,25	5,75	12,94	0,42	32,81	33,23
Área alma	2	0,5	3	3,00	3,5	10,50	1,13	7,38	8,51
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,218	2	42,44	1	42,44	14,15	12,21	26,36
TOTAL				58,05		89,18			69,25

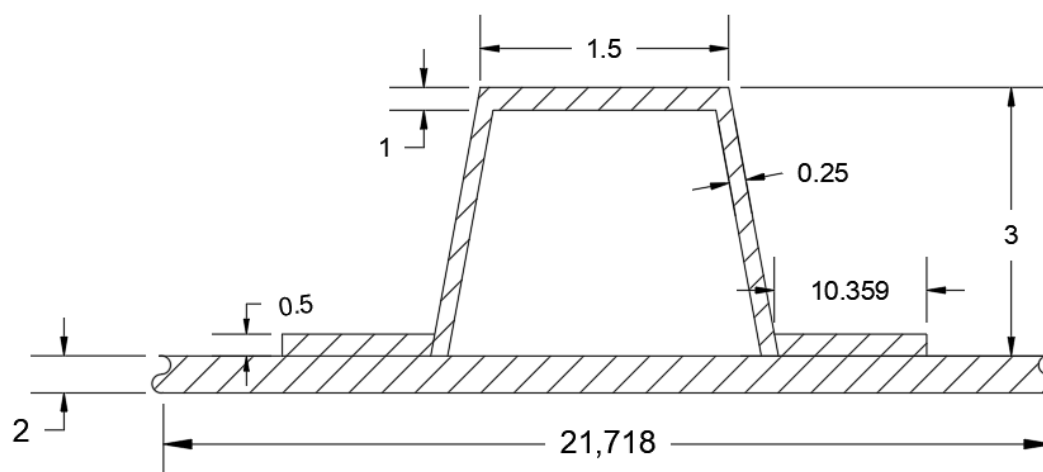
cdg	1,54		
I	69,25	I requerida	12,83
c	4,96		
SM	13,95	SM requerida	13,85



### 6.1.3 Refuerzo longitudinal 2

Refuerzo longitudinal 2	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	1,5	1	1,5	4,5	6,75	0,13	9,90	10,02
Área alma	2	0,25	2	1	3	3	0,17	1,14	1,31
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,718	2	43,44	1	43,44	14,48	5,59	20,07
TOTAL				56,30		76,49			32,56

cdg	1,36		
I	32,56	I requerida	7,62
c	3,64		
SM	8,94	SM requerida	8,22

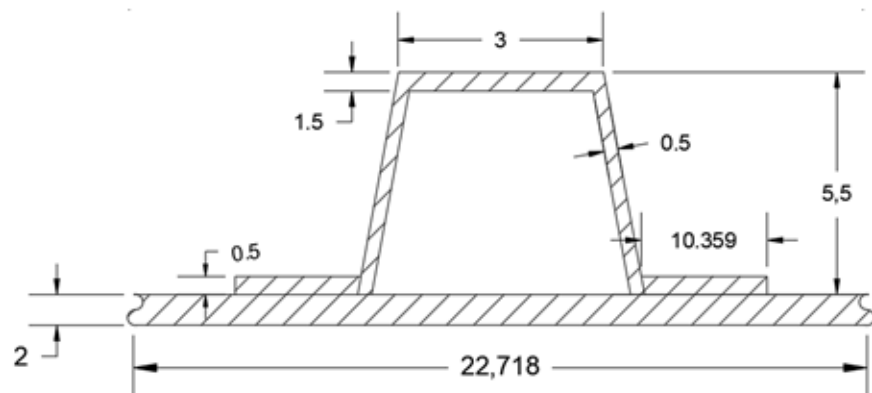




#### 6.1.4 Cuaderna

Cuaderna	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	3	1,5	4,5	6,75	30,38	0,84	104,48	105,32
Área alma	2	0,5	4	4	4	16,00	2,67	17,11	19,78
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	22,718	2	45,44	1	45,44	15,15	28,39	43,54
TOTAL				64,30		115,12			169,80

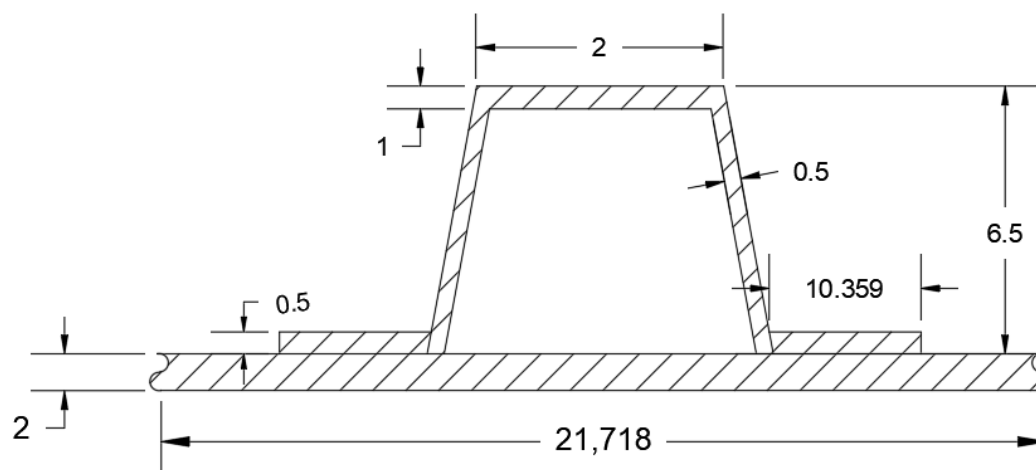
cdg	1,79		
I	169,79	I requerida	72,6
c	5,70		
SM	29,73	SM requerida	29,04



### 6.1.5 Baos francobordo

Baos francobordo	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	2	1	2	8	16	0,17	73,65	73,82
Área alma	2	0,5	5,5	5,5	4,75	26,13	6,93	43,69	50,62
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,718	2	43,44	1	43,44	14,48	26,17	40,64
TOTAL				61,30		108,87			166,25

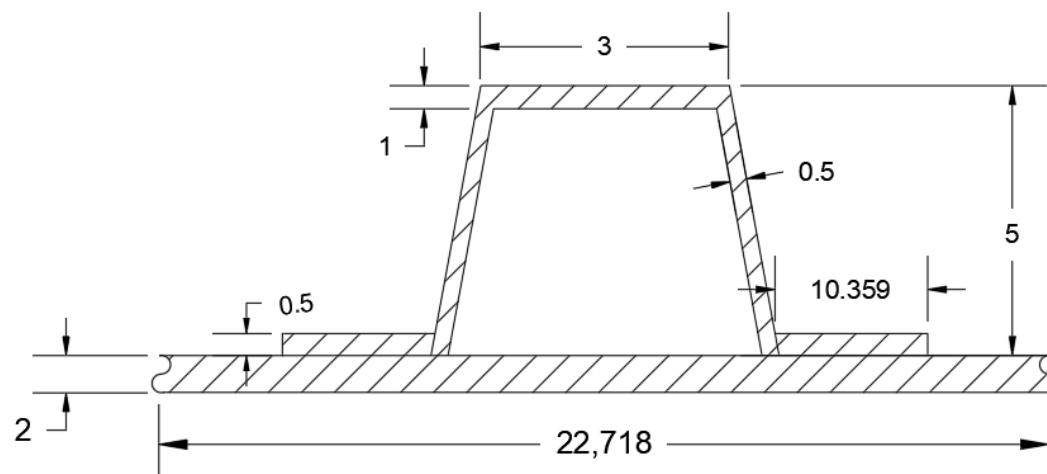
cdg	1,78		
I	166,25	I requerida	76,59
c	6,72		
SM	24,72	SM requerida	24,4



### 6.1.6 Baos caseta

Baos caseta	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	3	1	3	6,5	19,5	0,25	62,61	62,86
Área alma	2	0,5	4	4	4	16	2,67	17,11	19,78
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	22,718	2	45,44	1	45,44	15,15	19,80	34,94
TOTAL				62,80		104,24			118,74

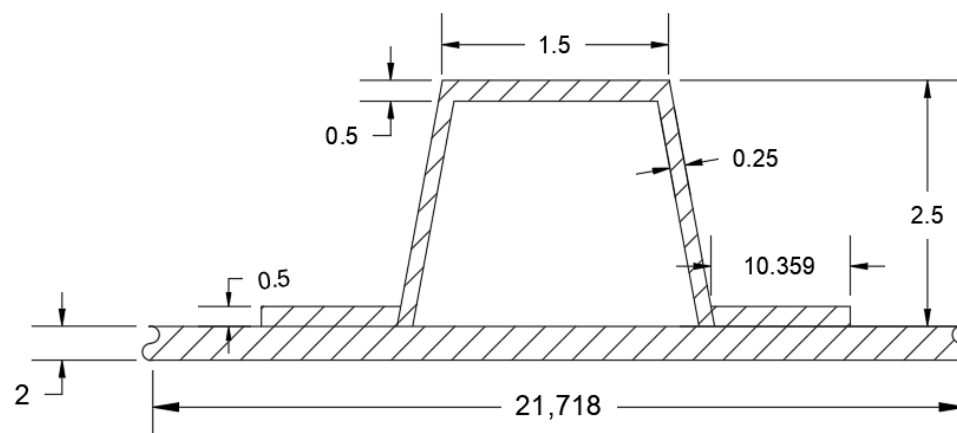
cdg	1,66		
I	118,74	I requerida	62,07
c	5,34		
SM	22,24	SM requerida	19,17



### 6.1.7 Eslora francobordo

Eslora francobordo	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	1,5	0,5	0,75	4,25	3,19	0,02	4,03	4,05
Área alma	2	0,25	2	1	3	3,00	0,17	1,14	1,31
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,718	2	43,44	1	43,44	14,48	4,26	18,73
TOTAL				55,55		72,93			25,25

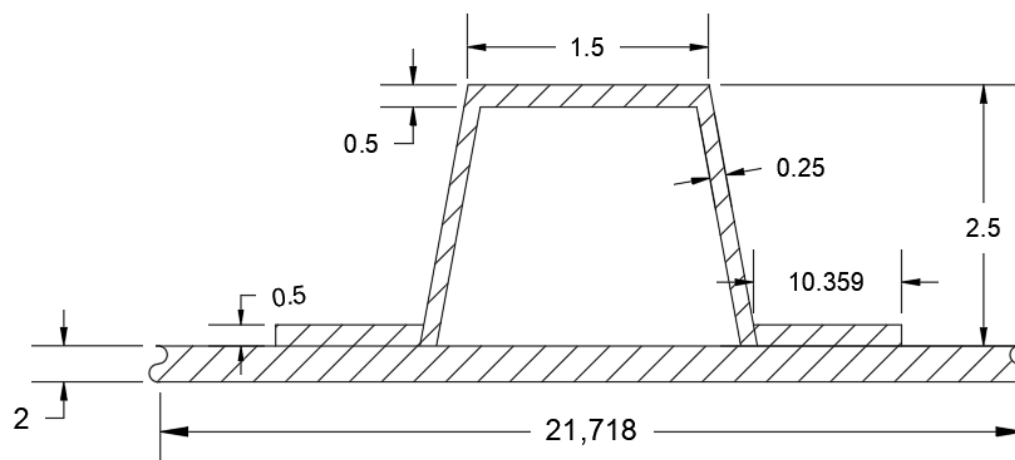
cdg	1,31		
I	25,25	I requerida	5,72
c	3,19		
SM	7,92	SM requerida	6,17



### 6.1.8 Eslora caseta

Eslora caseta	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	1,5	0,5	0,75	4,25	3,19	0,02	4,03	4,05
Área alma	2	0,25	2	1	3	3,00	0,17	1,14	1,31
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,718	2	43,44	1	43,44	14,48	4,26	18,73
TOTAL				55,55		72,93			25,25

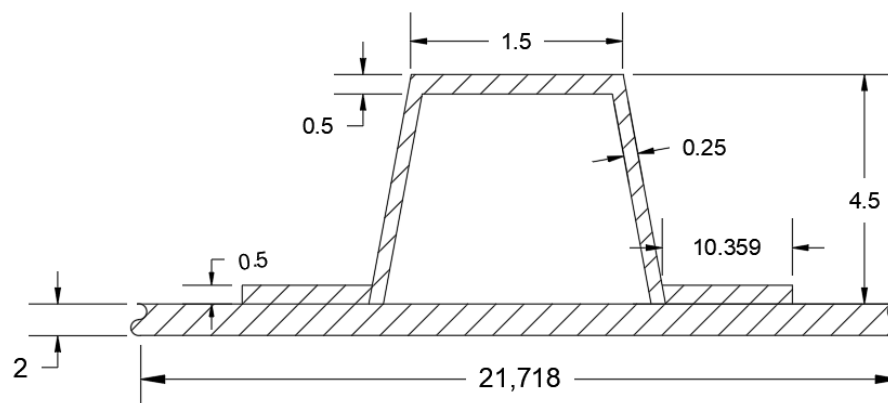
cdg	1,31		
I	25,25	I requerida	4,36
c	3,19		
SM	7,92	SM requerida	4,7



### 6.1.9 Barraganete

Barraganete	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	1,5	0,5	0,75	6,25	4,69	0,02	13,99	14,00
Área alma	2	0,25	4	2	4	8,00	1,33	8,56	9,89
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	21,718	2	43,44	1	43,44	14,48	7,12	21,59
TOTAL				56,55		79,43			46,65

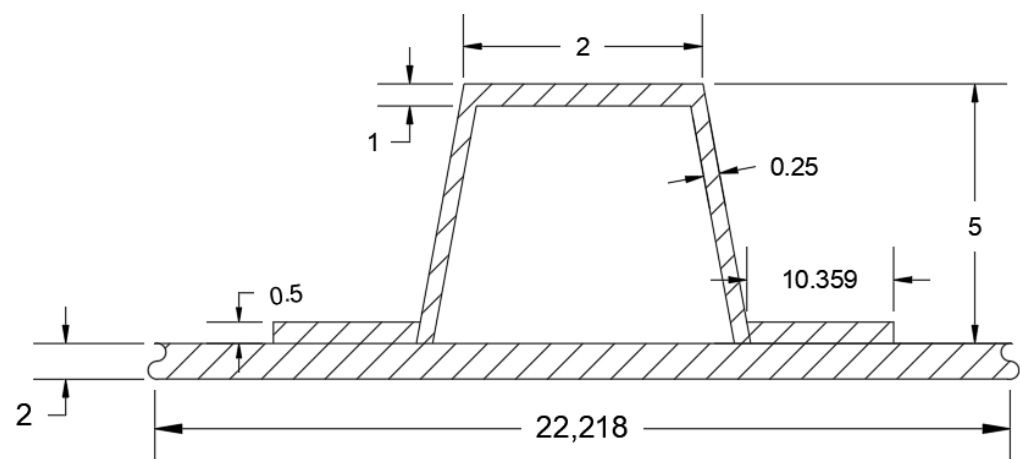
cdg	1,40		
I	46,65	I requerida	17,32
c	5,10		
SM	9,15	SM requerida	9,06



### 6.1.10 Refuerzo caseta

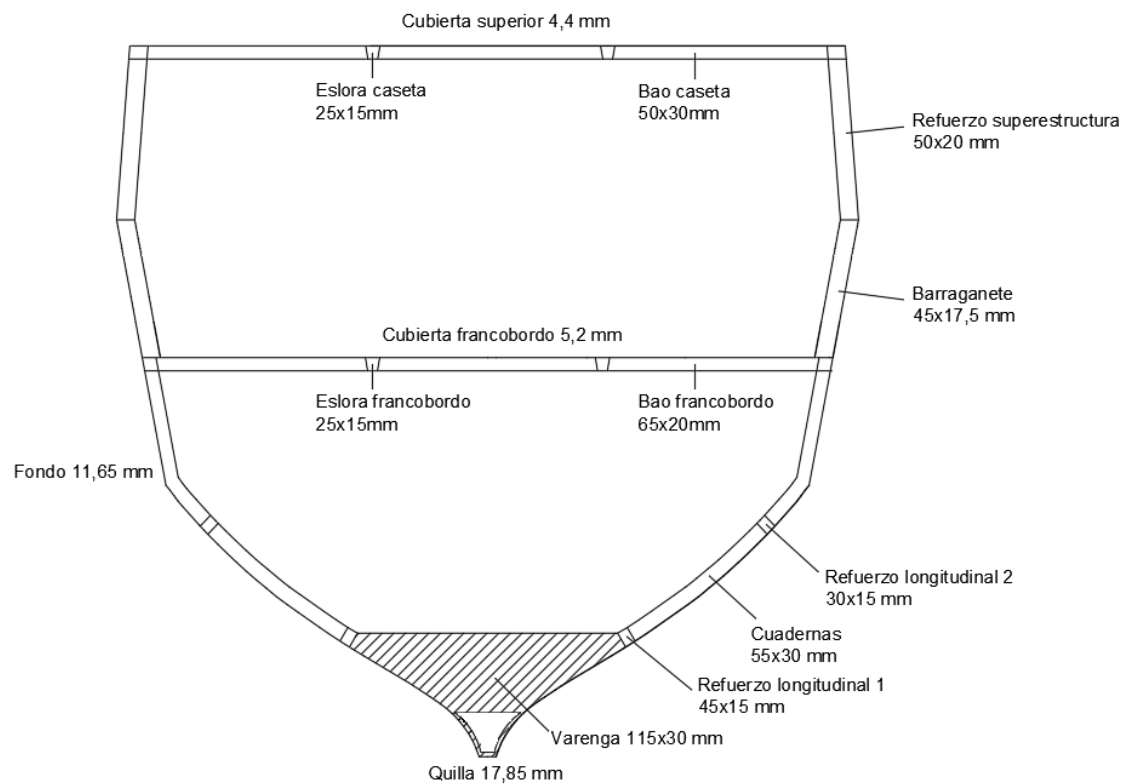
Refuerzo caseta	unidades	base (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	lo (cm <sup>4</sup> )	A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	lo+A*d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Área ala	1	2	1	2	6,5	13	0,17	41,74	41,91
Área alma	2	0,25	4	2	4	8	1,33	8,56	9,89
Área lados	2	10,359	0,5	10,36	2,25	23,31	0,11	1,05	1,16
Área chapa asociada	1	22,218	2	44,44	1	44,44	14,81	11,53	26,34
TOTAL				58,80		88,74			79,30

cdg	1,51		
I	79,30	I requerida	33,51
c	5,49		
SM	14,44	SM requerida	14,06



## 7. Cuaderna maestra

A continuación se va a mostrar el plano de la cuaderna maestra resultante de todos los cálculos realizados en el presente cuaderno.





## Bibliografía

- [1] American Bureau of Shipping, « *Rules for Building and Classing Reinforced Plastic Vessels* », 1978.
- [2] Det Norske Veritas, « *Part 5 Ship types, Chapter 12 Fishing Vessels* », Edition July 2020.
- [3] Det Norske Veritas, « *Part 3, Chapter 1* », Hull structural design, Edition January 2003. [Consultado el 11/07/2020].

Disponible en:

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/ruleship/2003-01/ts301.pdf>

- [4] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »

# Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja

## CUADERNO 10

### Cálculo del peso en rosca del buque y su centro de gravedad



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía



# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE TABLAS	IV
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. PESO DE LA FIBRA ESTRUCTURAL</b>	<b>2</b>
2.1 CUADERNA MAESTRA	2
2.2 MAMPAROS	5
2.3 CASETA	6
2.5.1 TANQUES	6
2.5.2 GUARDACALOR Y CONDUCTOS	7
2.5.3 PAVIMENTO	7
2.6 RESULTADOS DE LA FIBRA ESTRUCTURAL	8
<b>3. PESO DE EQUIPOS</b>	<b>8</b>
3.1 PESO DE LOS EQUIPOS DE FONDEO Y AMARRE	9
3.2 PESO DE LOS EQUIPOS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN	9
3.3 PESO DE LOS EQUIPOS PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS	9
3.4 PESO DE LOS EQUIPOS DE SALVAMENTO	10
3.5 PESO DE LA PINTURA	10
3.6 PESO DE ACCESOS	10
3.7 RESULTADO DEL PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS	11
<b>4. PESO DE HABILITACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>5. PESO DE LA MAQUINARIA</b>	<b>13</b>
5.1 PESO DE LOS GENERADORES PRINCIPALES	13
5.2 PESO DEL GENERADOR DE EMERGENCIA	14
5.3 PESO DE LOS ELEMENTOS DE PESCA DE ARRASTRE DE GAMBA ROJA	14
5.4 PESO DEL GRUPO PROPULSOR	15
5.5 PESO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES	15
5.6 RESULTADO FINAL DE LA MAQUINARIA	16
<b>6. PESO EN ROSCA DEL BUQUE Y POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD</b>	<b>16</b>
<b>7. POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD EN LA OPERACIÓN DE ARRASTRE</b>	<b>18</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>20</b>

## Lista de tablas

<b>TABLA 1. PESOS DE LOS REFUERZOS DE LA CUADERNA MAESTRA .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 2. PESO DE LA CUADERNA MAESTRA .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA 3. PESO DE CADA SECCIÓN DEL BUQUE PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA 4. DATOS DEL FORRO RESTANTE.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 5. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS MAMPAROS .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 6. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CASETA.....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 7. PESO DE LOS TANQUES.....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 8. PESO DEL GUARDACALOR.....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 9. PESO DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 10. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA DE FIBRA .....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 11. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 12. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 13. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO CONTRAINCENDIOS.....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 14. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO DE SALVAMENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 15. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PINTURA.....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 16. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ACCESOS.....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 17. RESUMEN DEL PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 18. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ELEMENTOS DE HABILITACIÓN I .....</b>	<b>12</b>

<b><u>TABLA 19. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ELEMENTOS DE HABILITACIÓN II .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>TABLA 20. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS GENERADORES PRINCIPALES .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>TABLA 21. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL GENERADOR DE EMERGENCIA.....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>TABLA 22. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ELEMENTOS DE PESCA DE ARRASTRE.....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>TABLA 23. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO PROPULSOR .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>TABLA 24. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS SISTEMAS AUXILIARES .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>TABLA 25. RESUMEN DE LOS PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA.....</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>TABLA 26. RESUMEN DE LOS PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA.....</u></b>	<b><u>17</u></b>
<b><u>TABLA 27. PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA EN CONDICIÓN DE ARRASTRE .....</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b><u>TABLA 28. RESUMEN DE LOS PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CONDICIÓN DE ARRASTRE .....</u></b>	<b><u>19</u></b>



## **1. Introducción**

El objetivo de este cuaderno es el de calcular aproximadamente el peso en rosca y la posición del centro de gravedad del buque proyecto, estos valores son de gran relevancia en la fase de diseño ya que los fallos que se produzcan en esta etapa afectarán gravemente a la fase de construcción derivando en una enorme inversión para corregirlos.

Teniendo en cuenta la situación en la que se encuentra el proyecto, los valores mencionados anteriormente se desconocen exactamente hasta el análisis de estabilidad del buque a flote una vez se ha finalizado la construcción. Por lo tanto, ante la dificultad de obtener los datos que requieren las variables del peso en rosca y la posición del centro de gravedad, parte de ellos se van a suponer repercutiendo en la precisión de los resultados.

Aunque sea una aproximación, a lo largo de los anteriores cuadernos se ha elaborado una gran cantidad de información que facilita el proceso. El resultado que se obtenga en este cuaderno se comparará con los datos previamente estimados por formulaciones matemáticas de buques similares en el cuaderno 1.

Tomando las recomendaciones del libro "El proyecto básico del buque mercante" [1], se va a dividir el peso en rosca del buque proyecto en varios apartados, discerniendo de cada partida su propio peso en rosca y centro de gravedad. Esta recomendación se ha adaptado a buques de fibra de vidrio:

- Peso de la fibra estructural
- Peso de equipos
- Peso de habilitación
- Peso de la maquinaria

## 2. Peso de la fibra estructural

El peso de la fibra estructural se divide en cuatro partes:

- Cuaderna maestra
- Mamparos
- Caseta
- Otros, estos elementos no son de fibra pero se añade su peso a la estructura, los componen:
  1. Tanques
  2. Guardacalor y conductos

### 2.1 Cuaderna maestra

El cálculo principal de la estructura en fibra se realiza en este apartado, para ello se tendrá en cuenta la distancia entre las cuadernas, siendo de 515,2 milímetros, desde la perpendicular de proa hasta el extremo de popa.

En un inicio se calcularán los pesos de los refuerzos que forman la cuaderna maestra y luego se relacionará el área de esta sección con las demás divisiones para obtener la cantidad de refuerzos necesarios en toda la estructura. La fórmula que se aplicará es la siguiente:

$$\text{Peso sección} = \frac{\text{Área sección}}{\text{Área cuaderna maestra}} * \text{Peso cuaderna maestra}$$

Con ayuda de los datos obtenidos en el cuaderno 9, se ha podido calcular la cantidad de fibra necesaria en refuerzos en la cuaderna maestra:

Cuaderna maestra (espacio de 0,5152 m)					
Elemento	gr/m2	Área (m2)	Peso fibra (kg)	Peso resina (kg)	Peso (kg)
Forro	6400	6,72	43,00	64,49	107,49
Quilla	9600	0,47	4,55	6,83	11,38
Cubierta francobordo	4000	2,56	10,22	15,33	25,55
Cubierta caseta	3500	2,65	9,29	13,93	23,22
Varenga	12000	0,47	5,61	8,41	14,02
Refuerzo longitudinal 1	12000	0,11	1,37	2,06	3,43
Refuerzo longitudinal 2	9000	0,11	1,03	1,55	2,58
Cuaderna	12000	1,23	14,80	22,20	37,00
Bao francobordo	10200	1,14	11,59	17,38	28,97
Bao caseta	10200	1,23	12,58	18,87	31,45
Eslora francobordo	7200	0,11	0,82	1,24	2,06
Eslora caseta	7200	0,11	0,82	1,24	2,06
Barraganete	7200	0,24	1,70	2,54	4,24
Refuerzo caseta	9000	0,28	2,49	3,74	6,24

Tabla 1. Pesos de los refuerzos de la cuaderna maestra

	Peso (kg)	Peso sin cub.caseta [kg]
TOTAL	299,68	236,71

Tabla 2. Peso de la cuaderna maestra

La cantidad de  $\text{gr/m}^2$  que se añaden en cada refuerzo se han obtenido de la tabla de escantillonado del cuaderno anterior, sumando los laminados que se requerían para alcanzar el grosor propuesto. En el caso del forro, se obtenía de la fórmula facilitada por la Sociedad de Clasificación ABS, pero otros elementos como la varenga, se han obtenido al calcular la cantidad de laminado en cada "ala, alma o lados" del refuerzo. Luego, sabiendo el grosor del laminado y el ancho de cada refuerzo por los "lados y el ala", se obtiene el área con la longitud del refuerzo en caso de ser transversal o se usa el espaciado entre cuadernas para los refuerzos longitudinales, para ellos se ha utilizado el programa *Autocad*.

En los cálculos se ha considerado el grosor y peso del Gel Coat y el Top Coat; y el peso de la resina. El peso de la resina se obtiene como una relación común de cantidad de resina por cantidad de fibra, considerada como 1,5:1 respectivamente.

Por otro lado, para aplicar la fórmula anterior adecuadamente, se debe distinguir el peso de la cuaderna maestra con y sin cubierta de la caseta, ya que parte de la estructura del buque no presenta este nivel. En caso de realizar el cálculo de toda la estructura con cubierta de caseta, se sobredimensionaría gravemente el peso final de la fibra.

Por lo que se ha comentado previamente, para que los cálculos sean correctos se ha añadido otra fórmula:

$$\text{Peso sección sin cubierta sup.} = \frac{\text{Área sección sin cub. sup}}{\text{Área CM sin cub. sup}} * \text{Peso CM sin cub. sup}$$

	Sección	A sección (m2)	Peso (kg)
Cub. caseta	1	9,951	124,25
Cub. caseta	2	10,86	135,60
Cub. caseta	3	11,32	141,35
Cub. caseta	4	12,13	151,46
Cub. caseta	5	13,94	174,06
Cub. caseta	6	15,1	188,55
Cub. caseta	7	16,31	203,65
Cub. caseta	8	17,79	222,13
Cub. caseta	9	18,81	234,87
Cub. caseta	10	19,24	240,24
Cub. caseta	11	20,01	249,85
Cub. caseta	12	20,98	261,97
Cub. caseta	13	21,45	267,84
Cub. caseta	14	22,03	275,08
Cub. caseta	15	22,41	279,82
Cub. caseta	16	22,56	281,70
Cub. caseta	17	23,04	287,69
Cub. caseta	18	23,45	292,81
Cub. caseta	19	23,59	294,56
Cub. caseta	20	23,87	298,05
Cub. caseta	21	24	299,68
Cub. caseta	22	23,86	297,93
Cub. caseta	23	23,65	295,31
Cub. caseta	24	23,28	290,69
No Cub. Caseta	25	13,56	133,74
No Cub. Caseta	26	13,24	130,59
No Cub. Caseta	27	12,87	126,94
No Cub. Caseta	28	12,42	122,50
No Cub. Caseta	29	11,75	115,89
No Cub. Caseta	30	11,34	111,85
No Cub. Caseta	31	10,65	105,04
No Cub. Caseta	32	9,54	94,09
No Cub. Caseta	33	8,75	86,30
No Cub. Caseta	34	7,54	74,37
No Cub. Caseta	35	6,27	61,84
No Cub. Caseta	36	5,11	50,40
No Cub. Caseta	37	5,04	49,71
No Cub. Caseta	38	4,89	48,23
No Cub. Caseta	39	4,78	47,15
No Cub. Caseta	40	4,68	46,16
		Peso total en fibra de refuerzos	7193,91

Tabla 3. Peso de cada sección del buque proyecto

Se ha añadido en la tabla una columna para evitar confusiones en la variación de áreas y pesos debido a la presencia de la cubierta superior. En las últimas 5 cuadernas se reduce el área abruptamente ya que el quillote desaparece.

Como bien se ha mencionado anteriormente, la estructura abarca desde el extremo de popa hasta la perpendicular de proa, aún así falta por añadir el forro del bulbo y extremo de proa. Este valor se obtiene fácilmente del modelo 3D realizado con el programa "Rhinceros 3D".

	gr/m2	Área (m2)	Peso fibra (kg)	Peso resina (kg)	Peso (kg)
Forro restante	5200	19,67	102,284	153,426	255,71

Tabla 4. Datos del forro restante

El centro de gravedad de los refuerzos en toda la estructura es de :

$$Xg = 7,64 \text{ m}$$

$$Zg = 2,49 \text{ m}$$

## 2.2 Mamparos

El proceso de cálculo del peso de los mamparos es igual a los demás refuerzos. Se conoce el grosor del laminado a aplicar a partir de los datos del cuaderno anterior, por lo tanto, solo falta medir las dimensiones de los mamparos y centro de gravedad en el modelo 3D. Los resultados son los siguientes:

	gr/m2	Área (m2)	Peso fibra (kg)	Peso resina (kg)	Peso (kg)	Xg	Zg
Mamparo de proa (quilla-francobordo)	9900	9,51	94,15	141,22	235,37	19,58	1,94
Mamparo de proa (francobordo-caseta)	11600	11,66	135,26	202,88	338,14	19,58	4,21
Mamparo c. máquinas proa (quilla-francobordo)	9500	10,40	98,80	148,20	247,00	14,26	1,66
Mamparo c. francobordo (francobordo-caseta)	11700	12,86	150,46	225,69	376,16	14,26	4,21
Mamparo c. máquinas popa (quilla-francobordo)	8600	9,74	83,76	125,65	209,41	3,86	1,77
TOTAL					1406,08	14,88	3,02

Tabla 5. Peso y centro de gravedad de los mamparos

### 2.3 Caseta

De igual forma que se ha calculado el peso de los mamparos, sucede en este apartado con la caseta. La caseta está formada por 8 "paredes" y en los cálculos ya se ha añadido el peso de los cristales.

	gr/m2	Área (m2)	Peso fibra (kg)	Peso resina (kg)	Peso (kg)	XG	ZG
Caseta lateral popa (2)	11100	8,68	96,35	144,52	240,87	14,27	6,46
Caseta lateral proa (2)	11600	8,66	100,46	150,68	251,14	16,53	6,46
Caseta popa (1)	14400	6,27	90,29	135,43	225,72	13,17	6,46
Caseta proa central (1)	8100	2,32	18,79	28,19	46,98	18,10	6,27
Caseta proa lateral (2)	7100	4,04	28,68	43,03	71,71	17,88	6,27
TOTAL					836,42	15,18	6,43

Tabla 6. Peso y centro de gravedad de la caseta

### 2.4 Otros

En este apartado se incluyen elementos que no son de fibra pero que se consideran estructurales, como los tanques o el guardacalor.

#### 2.5.1 Tanques

Los tanques que se disponen permiten trabajar seguidamente durante 4 días sin repostar o vaciarlos, por lo que sus dimensiones son elevadas. Entre ellos se han distinguido:

	Unidades	Peso total (kg)
Tk agua dulce	2	157
Tk retención	1	89
Tk combustible	6	684
Tk sentina	3	306
Tk aceite hidráulico	1	68
TOTAL	11	1295

Tabla 7. Peso de los tanques

El centro de gravedad se sitúa en:

$$Xg = 10,45 \text{ m}$$

$$Zg = 1,25 \text{ m}$$

### 2.5.2 Guardacalor y conductos

El guardacalor es un elemento que en una primera etapa se encuentra conectado al motor y avanza hasta la cubierta superior pasando por la cubierta de francobordo. El recorrido es de 4,31m y la densidad que se aplica en los cálculos es un valor recomendado en el libro "Desplazamiento, cálculo iterativo del peso en rosca y peso muerto" [2].

	V (m3)	Densidad (ton/m3)	Peso (kg)
Guardacalor y conductos	3,92	0,059	231,40

Tabla 8. Peso del guardacalor

El centro de gravedad se sitúa en:

$$Xg = 10,87 \text{ m}$$

$$Zg = 4,06 \text{ m}$$

### 2.5.3 Pavimento

En la cubierta inferior no se ha construido una cubierta de fibra sino que se dispondrá de una chapa que permita el tránsito de personas entre los espacios y facilite el acceso a los tanques de sentina, este será antideslizante.

Por otra parte, el pavimento principal en todo el buque es suelo antideslizante checker como en la cubierta inferior, pero en este caso se aplica para prevenir de riesgos laborales a los tripulantes al trabajar en presencia de agua en las tareas de pesca.

En resumen, la cantidad de pavimento antideslizante para cada cubierta es:

	Superficie (m2)	Peso (gr x m2)	Peso (kg)
Suelo antideslizante cubierta caseta	74,72	1500	112,08
Suelo antideslizante cubierta francobordo	94,17	1500	141
Suelo antideslizante cubierta inferior	99,19	1500	148,785
		TOTAL	401,865

Tabla 9. Peso del pavimento

El centro de gravedad se sitúa en:

$$Xg = 7,95 \text{ m}$$

$$Zg = 2,25 \text{ m}$$

## 2.6 Resultados de la fibra estructural

Finalmente, se añaden los valores obtenidos en cada apartado para obtener el peso total de la fibra estructural y su centro de gravedad:

Resumen del peso total estructural (fibra)			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Fibra en refuerzos	7449,62	7,64	2,49
Mamparos	1406,08	14,88	3,02
Caseta	836,42	15,18	6,43
Otros			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Tanques	1095,00	10,45	1,25
Guardacalor y conductos	231,40	10,87	4,06
Pavimento	401,865	7,95	2,25
TOTAL	13662,89	9,14	2,81
TOTAL +5% errores laminación	14346,03		

Tabla 10. Peso y centro de gravedad de la estructura de fibra

Se añade un pequeño porcentaje de seguridad en caso de que falte más laminado de lo planeado o por errores en el proceso de construcción.

## 3. Peso de equipos

A largo de los anteriores cuadernos se han comentado los equipos que se instalarán a bordo, por lo tanto se conoce sin ningún tipo de dificultad el peso de cada uno de los elementos, ya que el fabricante los facilita. Los equipos que no se hayan definido o no se disponga de la información técnica correspondiente, se estimarán con fórmulas realizadas a partir de bases de datos de buques.

El grupo de los equipos está formado por varias subpartidas:

- Equipo de fondeo y amarre
- Equipo de ayudas a la navegación
- Equipo de salvamento
- Equipo para la lucha contraincendios
- Pintura
- Accesos



### 3.1 Peso de los equipos de fondeo y amarre

Los equipos de este apartado ya se definieron en el cuaderno de equipos y servicios. Los pesos y posiciones del centro de gravedad son los siguientes:

Fondeo y amarre			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Anclas	370	21,45	4,56
Amarras	8,5	20,3	4,65
Cadenas	1170	20,65	4,49
Cable de remolque	97,92	18,81	5,68
Molinetes	594	21,64	5,55
Bitas	30	20,35	5,52
TOTAL	2270,42	20,95	4,84

Tabla 11. Peso y centro de gravedad del equipo de fondeo y amarre

### 3.2 Peso de los equipos de ayudas a la navegación

Como estos equipos no se han definido en su totalidad, el peso se estima al comparar el buque proyecto con otros buques similares. No obstante, el centro de gravedad se situará en el centro de gravedad de la caseta.

Ayuda a la navegación		
Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
1000	15,18	6,43

Tabla 12. Peso y centro de gravedad del equipo de ayuda a la navegación

### 3.3 Peso de los equipos para la lucha contra incendios

Los equipos para la lucha contra incendios se va a estimar según el volumen de la cámara de máquinas aplicando la fórmula facilitada en la referencia 1. El centro de gravedad de este apartado se situará en el centro de gravedad de la cámara de máquinas, y el volumen de la cámara de máquinas se ha obtenido del modelo 3D, siendo de 121,47 m<sup>3</sup>. La fórmula es:

$$Peso\ CI = 0,0025 * V_{CM} + 1,5$$

Dando como resultado:

Lucha contra incendios		
Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
1803,68	9,11	1,15

Tabla 13. Peso y centro de gravedad del equipo contra incendios

### 3.4 Peso de los equipos de salvamento

Los equipos de este apartado ya se han explicado con profundidad en otros cuadernos, conociendo sus pesos y centros de gravedad:

Salvamento			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Balsas salvavidas	58	11,2132	5,79

Tabla 14. Peso y centro de gravedad del equipo de salvamento

### 3.5 Peso de la pintura

En la referencia 1 se explica que la pintura se puede estimar como el 1% del peso total del acero, este valor se tomará como referencia para buques de fibra de vidrio. Por otra parte, el centro de gravedad de la pintura será el mismo que el de la fibra estructural. El resultado es el siguiente:

Pintura		
Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
143,46	9,14	2,81

Tabla 15. Peso y centro de gravedad de la pintura

### 3.6 Peso de accesos

El peso de los accesos se va estimar observando este valor en buques similares. Además, se situará el centro de gravedad en el centro de gravedad del buque.

Accesos		
Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
500	9,673	2,539

Tabla 16. Peso y centro de gravedad de los accesos

### 3.7 Resultado del peso y centro de gravedad de los equipos

A continuación se va a mostrar una tabla en la que se han recopilado los pesos y centros de gravedad de las partidas de los equipos, obteniendo el peso y centro de gravedad final. Además, se añade un factor de seguridad del 15% para considerar los equipos que se instalarán en el buque y no se han tenido en cuenta o que faltan por dimensionar.

Resumen equipos			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Fondeo y amarre	2270,42	20,95	4,84
Ayuda a la navegación	1000	15,17	6,43
Lucha contra incendios	1803,68	9,11	1,15
Salvamento	58	11,21	5,79
Pintura	143,46	9,14	2,81
Accesos	500	9,67	2,54
TOTAL	5775,27	14,88	3,72
TOTAL +15%	6641,90		

Tabla 17. Resumen del peso y centro de gravedad de los equipos

#### 4. Peso de habilitación

El proceso de cálculo de los pesos de los elementos que forman la habilitación consta de relacionar la superficie de cada espacio cerrado con su densidad superficial facilitada en las referencias 1, 2 y 3.

El valor de las superficies ya se conocen al calcularlas en el cuaderno 8 para estimar la potencia eléctrica requerida para la iluminación; y el centro de gravedad se aproximará con el modelo 3D del programa "Rhinceros 3D".

En la siguiente tabla se recopila la información mencionada anteriormente y se obtiene el peso total de la habilitación junto con su centro de gravedad.

Habilitación					
Cubierta inferior					
Espacio	S (m2)	$\rho$ (t/m2)	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Baño	3,17	0,25	791,50	18,02	1,85
Comedor	5,23	0,12	627,60	15,31	1,73
Cocina	5,48	0,20	1096,00	15,55	1,73
Lavandería	3,03	0,15	454,50	17,77	1,83
Pasillo	1,42	0,08	113,68	17,99	1,85
Escape	1,58	0,12	189,60	19,41	1,92
Escaleras verticales	-	-	234,75	9,89	1,85
Cubierta francobordo					
Espacio	S (m2)	$\rho$ (t/m2)	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Camarote	4,47	0,135	603,45	18,04	4,195
Baño	2,29	0,25	572,5	15,01	4,195
Escaleras interiores	0,62	-	345,6	15,64	4,195
Pasillo	3,88	0,08	310,4	17,66	4,195
Almacén	2,40	0,15	360	14,97	4,195
Ruta de escape	2,80	0,12	336	19,41	4,195
Taller	4,62	0,15	693	17,65	4,195
Zona común	4,71	0,12	565,2	15,57	4,195
Escaleras verticales	-	-	156,34	11,61	4,195
Cubierta superior					
Espacio	S (m2)	$\rho$ (t/m2)	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Puente	15,90	0,215	3,42	15,18	6,43

Tabla 18. Peso y centro de gravedad de los elementos de habilitación I

	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
TOTAL	7453,54	16,40	3,06

Tabla 19. Peso y centro de gravedad de los elementos de habilitación II

## 5. Peso de la maquinaria

En esta partida se encuentran los equipos y máquinas de grandes dimensiones que se instalan en el buque proyecto y son esenciales para desarrollar correctamente sus funciones.

Este apartado se puede subdividir en varios puntos:

- Generadores principales
- Generador de emergencia
- Elementos de la pesca de arrastre de gamba roja
  1. Maquinilla de cable
  2. Maquinilla de mallela
  3. Cable
  4. Mallela
  5. Tambor
  6. Pescante
  7. Portones
  8. Nevera/congelador
  9. Pastecas
- Grupo propulsor
  1. Eje
  2. Hélice
- Sistemas auxiliares
  1. Calentador de agua dulce
  2. Cuadros eléctricos y transformadores
  3. Bombas

### 5.1 Peso de los generadores principales

En el cuaderno 6 ya se especificaron los modelos a instalar, por lo que se conoce su peso gracias a la información facilitada por el fabricante. Al instalar dos generadores los resultados son los siguientes:

Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Gen. Principal	4750	4,16	0,55
Gen. Secundario	1230	6,37	0,67

Tabla 20. Peso y centro de gravedad de los generadores principales

## 5.2 Peso del Generador de emergencia

De igual forma que en subapartado anterior, ya se dispone de la especificaciones técnicas del fabricante y se ha situado en el modelo 3D:

Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Gen. Emergencia	960	13,74	0,95

Tabla 21. Peso y centro de gravedad del generador de emergencia

## 5.3 Peso de los elementos de pesca de arrastre de gamba roja

Los elementos de este subapartado son exclusivos de los buques de pesca de arrastre, se conoce de gran parte de ellos su peso a través del fabricante, como es el caso de la maquinilla de cable, maquinilla de malleta, portones y nevera/congelador; otros se estiman observando los valores que pertenecen a buques similares, como es el caso del pescante y el tambor; y finalmente, elementos como el cable o la malleta, que se conoce el material, longitud y diámetro pero sólo hace falta un cálculo que determine su peso. La fórmula utilizada en este último caso es:

$$\text{Peso cable o malleta} = \pi * \text{radio}^2 * \text{longitud} * \text{densidad del material}$$

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Maquinilla de cable	4800	12,49	3,585
Maquinilla de malleta	1400	9,41	3,735
Cable (4000 metros)	31960,36	-0,1	3,585
Malleta (200 metros)	671,38	-0,1	3,735
Tambor	216,189	4,08	5,981
Pescante	2423,923	3,46	5,51
Portones	450	-0,1	3,93
Pastecas	300	-0,1	3,93
Red +15%	350,704	-0,1	3,36
Nevera/Congelador	130	5,37	3,63
TOTAL	42702,57	1,87	3,72

Tabla 22. Peso y centro de gravedad de los elementos de pesca de arrastre

Los centros de gravedad se han obtenido del modelo 3D.

#### 5.4 Peso del grupo propulsor

El grupo propulsor está formado por el eje y la hélice, el peso de cada uno se obtuvo de la siguiente forma:

Eje: Este es un elemento macizo cuyo material que se considero a usar es el acero forjado, con un diámetro calculado en el cuaderno 6 y una longitud medida del modelo 3D, conociendo la posición del eje por los huelgos y la del motor. La fórmula de obtención del peso es igual que la del subapartado anterior.

Hélice: El peso de la hélice no se determinó en el cuaderno 5, pero se ha obtenido al indagar en catálogos de hélices de bronce de 4 palas y diámetro aproximadamente de 2 metros.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Eje	1231,88	7,36	0,49
Hélice	1396,43	2,05	0,96

Tabla 23. Peso y centro de gravedad del equipo propulsor

#### 5.5 Peso de los sistemas auxiliares

En esta partida se encuentran los equipos complementarios a los generadores. Algunos de estos equipos ya se han detallado en el cuaderno 6, como el calentador de agua caliente, y otros se deben estimar al compararlos con buques similares. Los pesos de cada elemento y el centro de gravedad total son los siguientes:

Sistemas auxiliares			
Concepto	Peso (kg)		
Calentador AD	20		
Cuadros y transformadores	480,75		
Bombas	518,29	Xg (m)	Zg (m)
TOTAL	1019,04	6,45	1,86

Tabla 24. Peso y centro de gravedad de los sistemas auxiliares

## 5.6 Resultado final de la maquinaria

A continuación se muestra la tabla resumen de todos los pesos y sus centros de gravedad de cada subpartida de la maquinaria:

Maquinaria			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Maquinilla de cable	2500,00	12,49	3,59
Maquinilla de malleta	1610,00	9,41	3,74
Cable (4000 metros)	31960,36	12,49	3,59
Malleta (200 metros)	671,39	9,41	3,74
Tambor	216,19	4,08	5,98
Pescante	2423,92	3,46	5,51
Portones	450,00	-0,10	3,93
Pastecas	300,00	-0,10	3,93
Red +15%	350,70	7,51	3,36
Nevera/Congelador	130,00	5,37	3,63
Motor	2365,00	10,55	0,89
Gen. Principal	4750,00	4,16	0,55
Gen. Secundario	1230,00	6,37	0,67
Gen. Emergencia	960,00	13,74	0,95
Sistemas auxiliares en CM	6940,00	6,45	1,86
Eje	1231,88	7,36	0,49
Hélice	1396,43	2,05	0,96
TOTAL	59485,88	9,87	2,90

Tabla 25. Resumen de los pesos y centro de gravedad de la maquinaria

## 6. Peso en rosca del buque y posición del centro de gravedad

Con la obtención de todos los valores de pesos y coordenadas del centro de gravedad en cada uno de los apartados y subapartados presentados previamente, se puede obtener el peso total estimado o peso en rosca del buque proyecto y su centro de gravedad.

Dependiendo de la etapa en la que se encuentre la fase de diseño y la precisión de los resultados, se aplicará un factor de seguridad acorde. Para este caso se añadirá un 7% de factor de seguridad en el peso, de forma que se tendrán en cuenta posibles sistemas, tuberías o maquinaria que no se hayan valorado.



A continuación se muestra la tabla resumen con los resultados finales de cada partida:

Partida	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Fibra	14346,03	9,14	2,81
Equipos	6634,05	14,87	3,71
Habilitación	7453,54	16,40	3,06
Maquinaria	59485,88	9,87	2,90
TOTAL	87919,50	10,48	2,87
TOTAL +7%	94073,86		

Tabla 26. Resumen de los pesos y centro de gravedad de cada partida

En el Maxsurf Stability se obtuvo que el centro de gravedad de la estructura inicial se situaba en (9,67;2,54), compartiendo similarmente la posición en el eje de las ordenadas con una diferencia del 11,49%. Por otra parte, el desplazamiento ligeramente positivo del centro de gravedad en el eje de las abscisas es de gran utilidad en la condición de arrastre, ya que la tensión generada por el aparejo en popa durante las tareas de pesca compensará la desviación inicial del centro de gravedad.

También, no afectará negativamente al comportamiento del buque en navegación libre con el trimado positivo, ya que el estado del mar donde se faena está considerado como aguas tranquilas.

## 7. Posición del centro de gravedad en la operación de arrastre

En el Anexo II del Real Decreto 543/2007 [3], se explica que se debe estudiar el comportamiento del buque en diferentes condiciones que se presenten en las jornadas de trabajo. Estas se analizarán en el siguiente cuadernillo. No obstante, una de las situaciones a analizar requiere de cálculos para determinar la nueva posición del centro de gravedad, esta es la operación de arrastre. La única diferencia de los resultados presentados a lo largo de este cuadernillo con la condición de interés es la variación de la posición de la maquinaria de la cubierta de trabajo. Todo el peso de los cables y red pasará a situarse a popa junto con las pastecas y portones, esta acción afecta de la siguiente manera a los resultados:

Maquinaria			
Concepto	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Maquinilla de cable	2500,00	12,49	3,59
Maquinilla de malleta	1610,00	9,41	3,74
Cable (4000 metros)	31960,36	-0,10	3,59
Malleta (200 metros)	671,39	-0,10	3,74
Tambor	216,19	4,08	5,98
Pescante	2423,92	3,46	5,51
Portones	450,00	-0,10	3,93
Pastecas	300,00	-0,10	3,93
Red +15%	350,70	-0,10	3,36
Nevera/Congelador	130,00	5,37	3,63
Motor	2365,00	10,55	0,89
Gen. Principal	4750,00	4,16	0,55
Gen. Secundario	1230,00	6,37	0,67
Gen. Emergencia	960,00	13,74	0,95
Sistemas auxiliares en CM	6940,00	6,45	1,86
Eje	1231,88	7,36	0,49
Hélice	1396,43	2,05	0,96
TOTAL	59485,88	2,95	2,90

Tabla 27. Pesos y centro de gravedad de la maquinaria en condición de arrastre

El centro de gravedad en el eje de las abscisas ha variado drásticamente hasta los 2,95 metros. La causa de este resultado se debe a la gran cantidad de cable que se requiere para alcanzar los 2000 metros de profundidad, moviéndose el Xg inicial de 11 metros hasta los -0,1 metros.

Finalmente, esto ha influido en el centro de gravedad del buque proyecto de la siguiente forma:

Partida	Peso (kg)	Xg (m)	Zg (m)
Fibra	14346,03	9,14	2,81
Equipos	6634,05	14,87	3,71
Habilitación	7453,54	16,40	3,06
Maquinaria	59485,88	2,95	2,90
TOTAL	87919,5	6,00	2,96
TOTAL +7%	94073,86		

Tabla 28. Resumen de los pesos y centro de gravedad de la condición de arrastre

El centro de gravedad en el eje de la abscisas se ha modificado hasta los 6 metros en Xg, por lo que la maquinaria de la cubierta de trabajo en esta condición trima el barco negativamente, generando más inmersión en la hélice y mejorando su rendimiento.

## Bibliografía

- [1] R. Alvariño Castro, J. J. Azpiroz Azpiroz, y M. Meizoso Fernández, *El proyecto básico del buque mercante*. Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997.
- [2] M. Meizoso y J. L. García, *Desplazamiento, cálculo iterativo del peso en rosca y peso muerto*. ETSIN, Madrid, 2000.
- [3] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 11**

### **Situaciones de carga y resistencia longitudinal**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Hoja de cortesía





# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. SITUACIONES DE CARGA</b>	<b>2</b>
<b>3. ESTABILIDAD SIN AVERÍAS</b>	<b>3</b>
3.1 CRITERIOS DE ESTABILIDAD	3
3.2 CRITERIOS DE EFECTOS DEL VIENTO Y BALANCE INTENSOS	3
3.3 CONDICIONES APLICADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS	7
3.3.1 CONDICIÓN DE CARGA SC1.	8
3.3.2 CONDICIÓN DE CARGA SC2.	14
3.3.3 CONDICIÓN DE CARGA SC3.	19
3.3.4 CONDICIÓN DE CARGA SC4.	24
3.3.5 CONDICIÓN DE CARGA SC5.	29
<b>4. ESTABILIDAD DESPUÉS DE AVERÍA</b>	<b>35</b>
<b>5. CORROBORACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>36</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>38</b>

## Lista de tablas

<b>TABLA 1. CONDICIONES DE CARGA .....</b>	<b>2</b>
<b>TABLA 2. VALORES DE X1 .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 3. VALORES DE X2 .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 4. VALORES DE S .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 5. CONFIGURACIÓN DE LA CARGA Y PROVISIONES SC1.....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 6. SITUACIÓN DE EQUILIBRIO SC1 .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 7. ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS SC1.....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 8. CONFIGURACIÓN DE LA CARGA Y PROVISIONES SC2.....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 9. SITUACIÓN DE EQUILIBRIO SC2 .....</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 10. ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS SC2 .....</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 11. CONFIGURACIÓN DE LA CARGA Y PROVISIONES SC3.....</b>	<b>19</b>
<b>TABLA 12. SITUACIÓN DE EQUILIBRIO SC3 .....</b>	<b>20</b>
<b>TABLA 13. ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS SC3 .....</b>	<b>23</b>
<b>TABLA 14. CONFIGURACIÓN DE LA CARGA Y PROVISIONES SC4.....</b>	<b>24</b>
<b>TABLA 15. SITUACIÓN DE EQUILIBRIO SC4 .....</b>	<b>25</b>
<b>TABLA 16. ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS SC4.....</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 17. CONFIGURACIÓN DE LA CARGA Y PROVISIONES SC5.....</b>	<b>29</b>
<b>TABLA 18. SITUACIÓN DE EQUILIBRIO SC5 .....</b>	<b>30</b>
<b>TABLA 19. ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS SC4 .....</b>	<b>34</b>

**TABLA 20. ESTABILIDAD SIN AVERÍAS .....36**

## **Lista de figuras**

<b>FIGURA 1. CRITERIOS DE EFECTOS DEL VIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURA 2. DISPOSICIÓN DE LOS TANQUES EN MAXSURF.....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 3. TRIMADO DEL BUQUE PROYECTO I .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 4. CURVA GZ-SC1.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 5. CURVA GZ-SC2.....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 6. CURVA GZ-SC3.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 7. CURVA GZ-SC4.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 8. TRIMADO DEL BUQUE PROYECTO II .....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 9. CURVA GZ-SC5.....</b>	<b>35</b>

## **1. Introducción**

En este último cuaderno, se analizará detalladamente la estabilidad del buque proyecto en las diferentes situaciones de carga que sucederán durante las operaciones de pesca y que menciona el Real Decreto 543/2007. De forma que, valorando el comportamiento de la embarcación en las diferentes condiciones permite verificar si el diseño del buque o la distribución de cargas es la adecuada.

Por lo tanto, primero se deben definir las situaciones de carga que sucederán diariamente en la jornada de trabajo para situaciones sin avería que comenta el Real Decreto 543/2007. Luego, se valorará la estabilidad del buque en averías acudiendo al Convenio Solas y al Convenio Internacional de Líneas de Carga.

Finalmente, se usa un programa como *Maxsurf Stability* que permite calcular la estabilidad con y sin averías, además de comprobar el cumplimiento de los requisitos al incorporar todas las normativas aplicables a buques.

## 2. Situaciones de carga

En el Anexo II. Estabilidad y francobordo del Real Decreto 543/2007 se explica que las situaciones de carga para buques de pesca de eslora mayor o igual de 12 metros hasta los 24 metros deben ser como mínimo las siguientes:

- "Salida de puerto" con el total de combustible, provisiones, hielo, aparejos de pesca, etc.
- "Salida de caladero" completo de pesca y con el 35% de combustible, provisiones, etc.
- "Llegada a puerto" con el 10% de provisiones, combustible, etc., y completo de pesca.
- "Llegada a puerto" con el 10% de provisiones, combustible, etc., y el 20% de la pesca.

Otras condición de carga que pueda darse teniendo en cuenta la forma de operar es:

- "Operación de arrastre" con el peso de los cables, malleta, portones, red y capturas en el extremo de popa pero usando como centro de gravedad el correspondiente a esta situación. Además se considera un 35% de combustible, provisiones, etc.

En esta última situación, lo más adecuado es no considerar en peso la misma longitud de red en cable, ya que al izar la primera parte del cable, la red deja de arrastre por el fondo y no se encuentra en el extremo de popa el centro de gravedad de todos los elementos. Igualmente, se efectuará el cálculo con todo el peso en popa para añadir más seguridad a los cálculos.

Las situaciones de carga que se van a calcular en *Maxsurf Stability* de forma resumida son las siguientes:

Condición de carga	Nombre en Maxsurf	% Carga	% provisiones, combustible, etc.
Salida de puerto	SC1	0%	100%
Salida de caladero	SC2	100%	35%
Llegada a puerto 1	SC3	100%	10%
Llegada a puerto 2	SC4	20%	10%
Operación de arrastre	SC5	100%	35%

Tabla 1. Condiciones de carga

### 3. Estabilidad sin averías

#### 3.1 Criterios de estabilidad

Los criterios de estabilidad que deben cumplir los buques de pesca de eslora desde los 12 hasta los 24 metros son:

- El área situada bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0,055 metros-radián hasta un ángulo de escora de 30 grados ni inferior a 0,090 metros-radián hasta 40 grados o hasta el ángulo de inundación,  $\theta_f$ , si éste es menor de 40 grados. Además, el área situada bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escora de 30 y 40 grados, o entre los ángulos de 30 grados y  $\theta_f$ , si éste es menor de 40 grados, no será inferior a 0,030 metros-radián. A estos efectos  $\theta_f$ , es el ángulo de escora en el que las aberturas del casco, la superestructura o las casetas, que no se puedan cerrar rápidamente de modo estanco, comienzan a quedar sumergidas, en este caso el ángulo de inundación es de 80 grados.
- El brazo adrizante GZ será de 200 milímetros como mínimo para un ángulo de escora igual o superior a 30 grados; el brazo adrizante máximo GZmax corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30 grados, pero nunca inferior a 25 grados.
- La altura metacéntrica inicial, corregida por el efecto de superficies libres, GM0, será de 350 mm como mínimo.
- En los buques cuyos métodos de pesca, sus dispositivos de elevación u otras cargas sometan a los mismos a fuerzas externas adicionales que creen momentos escorantes, deberá demostrarse por cálculo directo que el buque no sumerge ningún punto de la cubierta cuando dichas fuerzas están actuando. La situación de carga a considerar será la de salida de caladero con 35% de consumos y 100% de pesca.

#### 3.2 Criterios de efectos del viento y balance intensos

El comportamiento de la embarcación al resistir las consecuencias del viento y balance intensos se aplicará en el programa *Maxsurf* de la siguiente forma:

1. Se supondrá que la embarcación está sometida a la presión de un viento continuo actuando perpendicularmente al plano de crujía del buque y que se traduce en un brazo escorante constante debido al viento, Lw1.
2. Desde el ángulo resultante de equilibrio  $\theta_0$ , se supone que el buque se balancea hacia barlovento, por la acción de las olas, un ángulo de valor  $\theta_1$ .
3. La embarcación es entonces sometida a la presión de una racha de viento que resulta en un brazo escorante constante debido a rachas de valor Lw2.
4. En estas condiciones el coeficiente  $C_w = \text{área "b"} / \text{área "a"}$  deberá ser igual o mayor que uno como se indica en la siguiente figura:

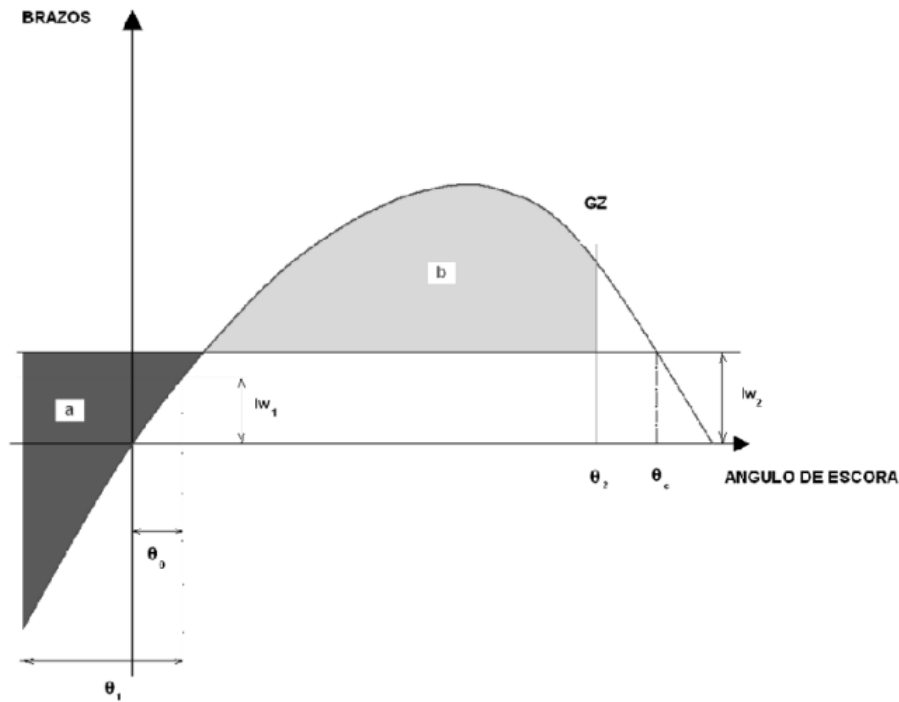


Figura 1. Criterios de efectos del viento

Los ángulos que se muestran en la figura se definen de la siguiente forma:

- $\theta_0$  = ángulo de escora provocado por un viento constante. No deberá ser mayor que el menor de los valores siguientes:  $16^\circ$  o el 80% del ángulo de inmersión del borde de la cubierta.
- $\theta_1$  = ángulo de balance a barlovento debido a la acción del mar.
- $\theta_2$  = ángulo de inundación,  $\theta_f$ , o  $50^\circ$  o  $\theta_c$ , escogiendo el menor de estos.
- $\theta_f$ , es el ángulo de inundación o ángulo de escora en el que las aberturas del casco, la superestructura o las casetas, que no se puedan cerrar rápidamente de modo estanco, comienzan a quedar sumergidas.
- $\theta_c$ , es el ángulo de la segunda intersección entre la curva de brazos GZ y el brazo escorante  $Lw_2$ .

5. Los brazos escorantes denominados  $Lw_1$  y  $Lw_2$ , serán constantes y se calcularán como se muestra a continuación:

$$Lw_1 = \frac{P * A * Z}{1000 * g * D} (m)$$

$$Lw_2 = 1,5 * Lw_1(m)$$



Siendo:

- P = Presión por el viento de 386 Pa.
- A = Área lateral del buque por encima de la flotación (m<sup>2</sup>).
- Z = Distancia vertical entre el baricentro del área lateral proyectada A y el del área lateral sumergida, que se puede suponer aproximadamente en un punto a la mitad del calado (m).
- h = distancia vertical desde el baricentro del área lateral proyectada A desde la flotación (m).
- D = desplazamiento en toneladas.
- g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

6. El ángulo  $\theta_1$  se calcula según la siguiente fórmula:

$$\theta_1 = 109 * k * x_1 * x_2 * \sqrt{r * s}$$

Siendo:

- $x_1$  = Factor que se indica en la tabla (?) y depende de la relación manga-calado.

Valores de $x_1$	
B/d	$x_1$
≤2,4	1
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3	0,9
3,1	0,88
3,2	0,86
3,3	0,84
3,4	0,82
≥3,5	0,8

Tabla 2. Valores de  $x_1$

- $x_2$  = Factor que depende del coeficiente de bloque.

Valores de $x_2$	
Cb	$x_2$
$\leq 0,45$	0,75
0,5	0,82
0,55	0,89
0,6	0,95
0,65	0,97
$\geq 0,7$	1

Tabla 3. Valores de  $x_2$

- $k = 0,7$  para buques con pantoques pronunciados
- $r$  = Valor que se expresa como:

$$r = 0,73 \pm 0,6 * OG/d$$

Donde:

- OG = distancia entre el c.d.g. del buque y la flotación (m)
- $d$  = calado medio de trazado del buque (m)

- $s$  = Factor que se obtiene de la siguiente tabla:

Valores de $s$	
T	$s$
$\leq 6$	
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
$\geq 20$	0,035

Tabla 4. Valores de  $s$

Donde T es:

$$T = \frac{2 C * B}{\sqrt{GM}}$$

Siendo:

- $C = 0,373 + 0,023 (B/d) - 0,043 (L/100)$
- B = manga de trazado en metros
- GM = Altura metacéntrica en metros

Los valores intermedios de las tablas se interpolan linealmente.

Todo el proceso presentado debe introducirse en MaxSurf de forma que el mismo programa pueda corroborar que se cumpla con la normativa de los casos definidos.

### **3.3 Condiciones aplicadas y resultados obtenidos**

Como se ha mencionado al inicio del cuaderno, la estabilidad es un aspecto de gran importancia para la seguridad del buque. Usando el programa *MaxSurf Stability* se introducirán los datos de cada caso para obtener los resultados de interés, los cuales son la capacidad de adrizamiento, cumplimiento de los criterios establecidos y representaciones de los resultados.

Seguidamente, se van a mostrar las tablas con los datos particulares de llenado de las diferentes situaciones, los parámetros del buque en posición de equilibrio en cada condición y los resultados de estabilidad a grandes ángulos con la gráfica correspondiente.

Se debe aclarar que los tanques se han situado en contacto con la cubierta de francobordo para que el programa MaxSurf permita dimensionar los tanques, en caso de situarse en su correcta posición, interactuarían las caras de los tanques con la curvatura del casco, reduciendo su capacidad y obteniendo datos erróneos. Además, el programa MaxSurf no permite la disposición de tanques triangulares, alternativa que solucionaría el problema.

### 3.3.1 Condición de carga SC1.

#### 3.3.1.1 Configuración de la carga y provisiones en Maxsurf

Nombre	Cantidad	Peso total (t)	Volumen total (m3)	Xg	Yg	Zg
Lightship	1	94,07	-	10,48	0,00	2,87
Tripulantes y víveres	1	0,42	-	11,62	0,00	2,72
Capturas	0	0,00	-	5,37	0,00	3,63
Tank Comb 1	100%	0,85	1,00	12,07	1,74	2,50
Tank Comb 2	100%	0,85	1,00	12,07	-1,74	2,50
Tank agua dulce	100%	0,90	0,90	8,72	1,74	2,50
Tank Comb 3	100%	0,85	1,00	11,07	1,74	2,50
Tank Comb 4	100%	0,85	1,00	11,07	-1,74	2,50
Tank Comb 5	100%	0,43	0,50	10,32	1,74	2,50
Tank Comb 6	100%	0,43	0,50	10,32	-1,74	2,50
Tank agua dulce	100%	0,90	0,90	9,62	1,74	2,50
Tank sentina	100%	0,91	1,00	9,57	-1,74	2,50
Tank aceite	100%	0,09	0,10	8,17	1,74	2,75
Tank retención	100%	0,90	1,00	8,57	-1,74	2,50
<b>TOTAL</b>		<b>102,46</b>	<b>8,90</b>	<b>10,47</b>	<b>0,00</b>	<b>2,84</b>

Tabla 5. Configuración de la carga y provisiones SC1

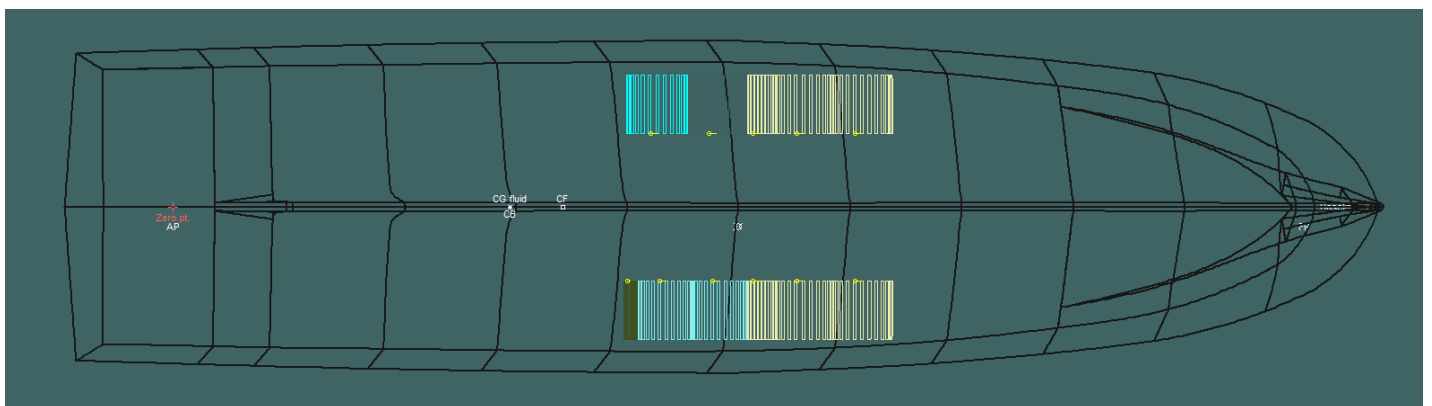


Figura 2. Disposición de los tanques en MaxSurf

En la figura 2 y 3 se puede observar la disposición de los tanques en el buque, esta distribución no varía en ningún caso. El tanque de sentina está situado pero el color de las rayas que identifican el tanque se mimetizan con el fondo.

### 3.3.1.2 Situación de equilibrio

Situación equilibrio SC1	
Displacement t	102,5
Heel deg	0,4
Draft at FP m	2,971
Draft at AP m	2,109
Draft at LCF m	2,514
Trim (+ve by stern) m	-0,861
WL Length m	20,18
Beam max extents on WL m	5,073
Wetted Area m <sup>2</sup>	143,6
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	87,41
Prismatic coeff. (Cp)	0,636
Block coeff. (Cb)	0,323
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,597
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,854
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,52
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,081
KB m	1,783
KG fluid m	2,841
BMt m	1,581
BML m	24,05
GMt corrected m	0,523
GML m	22,99
KMt m	3,363
KML m	25,81
Immersion (TPc) tonne/cm	0,896
MTc tonne.m	1,218
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,934
Max deck inclination deg	2,58
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,55

Tabla 6. Situación de equilibrio SC1

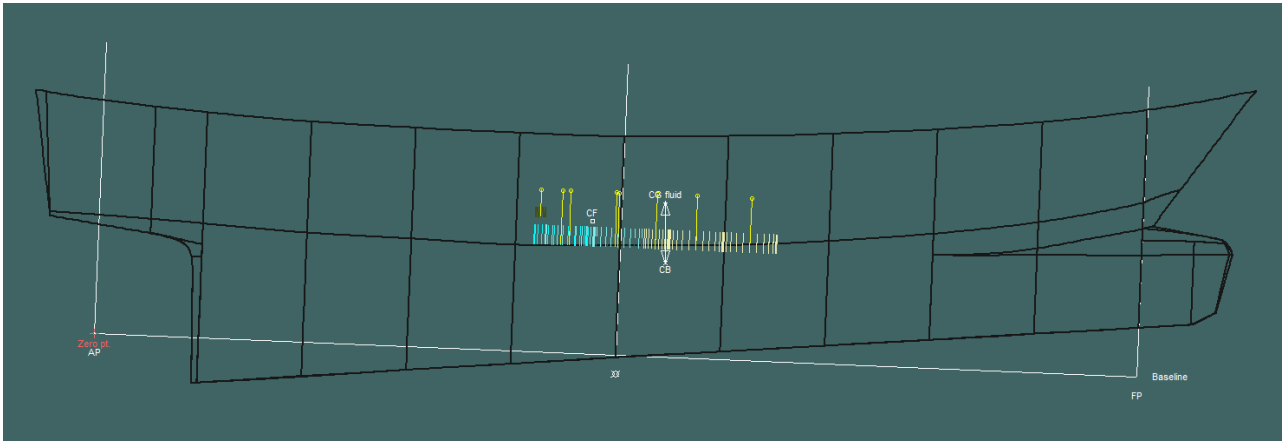


Figura 3. Trimado del buque proyecto I

Como se muestra en la figura 3, el buque proyecto presenta en la situación de carga 1, un trimado positivo que se repite en las condiciones de carga 2, 3 y 4. Esta inclinación no afecta negativamente al buque ya que la hélice sigue sumergida completamente y al navegar en aguas tranquilas no supone un problema para la embarcación.

### 3.3.1.3 Estabilidad a grandes ángulos

Heel (deg)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
GZ m	-0,212	-0,183	-0,156	-0,126	-0,091	-0,049	-0,004
Area under GZ curve from zero heel m.deg	3,5768	2,5891	1,7412	1,0332	0,4871	0,1344	-0,0036
Displacement t	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5
Draft at FP m	2,971	2,99	2,997	2,995	2,986	2,976	2,971
Draft at AP m	1,716	1,832	1,925	2	2,056	2,094	2,109
WL Length m	20,681	20,664	20,655	20,639	20,618	20,596	20,177
Beam max extents on WL m	5,275	5,197	5,159	5,156	5,149	5,092	5,073
Wetted Area m <sup>2</sup>	141,898	141,302	141,162	141,784	142,541	143,52	143,637
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	85,435	84,116	83,866	84,51	85,967	87,231	87,434
Prismatic coeff. (Cp)	0,649	0,643	0,637	0,631	0,627	0,624	0,636
Block coeff. (Cb)	0,391	0,366	0,346	0,331	0,32	0,318	0,324
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,532	10,53	10,526	10,523	10,52	10,517	10,517
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,712	9,611	9,517	9,403	9,265	9,103	9,079
Max deck inclination deg	30,156	25,1798	20,2118	15,2615	10,3576	5,634	2,5494
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,7132	-3,4254	-3,1708	-2,9464	-2,7539	-2,6097	-2,5494

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
0,041	0,083	0,119	0,148	0,176	0,205	0,236	0,258	0,269	0,271	0,265	0,254	0,24	0,227	0,216
0,0946	0,4079	0,9151	1,5851	2,3965	3,348	4,4527	5,6936	7,016	8,3686	9,7099	11,0082	12,2421	13,4081	14,5199
102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5
2,976	2,987	2,997	2,999	2,992	2,975	2,946	2,917	2,893	2,876	2,864	2,858	2,857	2,865	2,908
2,094	2,057	2,001	1,927	1,834	1,719	1,578	1,408	1,206	0,961	0,661	0,287	-0,198	-0,875	-1,973
20,596	20,618	20,639	20,655	20,664	20,681	20,742	20,798	20,878	21,012	21,224	21,55	21,856	22,089	22,274
5,092	5,149	5,156	5,159	5,197	5,275	5,066	4,736	4,489	4,306	4,173	4,356	4,679	5,195	4,749
143,519	142,54	141,784	141,163	141,298	141,9	143,48	145,56	147,267	148,698	149,533	149,267	148,076	145,298	140,532
87,23	85,966	84,51	83,867	84,114	85,436	85,468	83,721	81,66	80,171	78,59	77,434	76,782	76,859	74,852
0,624	0,627	0,631	0,637	0,643	0,649	0,655	0,666	0,677	0,687	0,693	0,695	0,697	0,699	0,704
0,318	0,32	0,331	0,346	0,366	0,391	0,449	0,543	0,599	0,607	0,603	0,557	0,502	0,441	0,474
10,518	10,52	10,523	10,526	10,529	10,533	10,535	10,539	10,542	10,546	10,55	10,553	10,554	10,555	10,555
9,103	9,266	9,403	9,517	9,61	9,712	9,762	9,745	9,722	9,754	9,752	9,842	9,908	9,981	10,295
5,6342	10,3577	15,2616	20,2117	25,1797	30,1561	35,1368	40,1214	45,1086	50,097	55,0853	60,0728	65,0593	70,0455	75,0326
-2,6102	-2,754	-2,9467	-3,1704	-3,4246	-3,7138	-4,0466	-4,4593	-4,9849	-5,6533	-6,4968	-7,5706	-8,9743	-10,9442	-14,1593

80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
0,187	0,147	0,098	0,044	-0,015	-0,078	-0,141	-0,205	-0,266	-0,322	-0,373
15,5345	16,3725	16,9871	17,3444	17,418	17,1874	16,6404	15,775	14,5981	13,1264	11,3851
102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5
3,061	3,554	n/a	-1,595	-2,122	-2,329	-2,455	-2,547	-2,62	-2,684	-2,739
-4,268	-11,228	n/a	-16,63	-9,639	-7,287	-6,095	-5,368	-4,876	-4,517	-4,245
22,423	22,532	22,479	22,375	22,242	22,185	22,239	22,281	22,262	22,214	22,005
4,084	3,909	3,999	4,127	4,007	3,741	3,598	3,537	3,539	3,586	3,689
138,181	137,283	136,661	136,125	135,786	135,639	135,701	135,985	136,509	137,268	138,06
72,368	70,673	69,38	68,069	66,79	65,775	65,387	65,579	66,31	67,523	69,446
0,713	0,725	0,737	0,748	0,76	0,77	0,774	0,779	0,781	0,782	0,786
0,541	0,52	0,476	0,439	0,434	0,45	0,454	0,452	0,446	0,439	0,432
10,557	10,559	10,561	10,562	10,561	10,559	10,555	10,551	10,545	10,538	10,531
10,564	10,725	10,819	10,824	10,747	10,62	10,502	10,387	10,263	10,121	9,977
80,0218	85,0111	90	94,9885	99,9771	104,9663	109,957	114,9494	119,9439	124,9408	129,9399
-20,7485	-37,3842	n/a	-37,8553	-21,2345	-14,3746	-10,6556	-8,2984	-6,6516	-5,4152	-4,4528



135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
-0,416	-0,447	-0,463	-0,459	-0,433	-0,378	-0,289	-0,186	-0,089	0,004
9,4097	7,2485	4,9663	2,651	0,4106	-1,6302	-3,3098	-4,4969	-5,1805	-5,3928
102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5
-2,79	-2,841	-2,888	-2,935	-2,976	-3,008	-3,029	-3,042	-3,049	-3,052
-4,029	-3,855	-3,713	-3,596	-3,512	-3,466	-3,458	-3,465	-3,47	-3,471
21,59	21,111	20,849	20,784	20,783	20,787	20,799	20,809	20,814	20,816
3,84	4,052	4,348	4,668	5,032	5,38	5,541	5,432	5,368	5,347
138,934	140,145	142,015	144,644	148,373	153,278	158,771	159,543	159,767	159,847
71,964	75,107	79,414	84,475	89,451	95,403	101,008	99,683	98,546	98,168
0,795	0,802	0,795	0,784	0,775	0,77	0,768	0,768	0,768	0,768
0,429	0,424	0,41	0,395	0,377	0,363	0,361	0,374	0,381	0,381
10,524	10,516	10,511	10,502	10,496	10,492	10,491	10,491	10,491	10,489
9,804	9,587	9,373	9,146	8,992	8,76	8,521	8,518	8,526	8,527
134,9414	139,9451	144,95	149,9565	154,9613	159,9611	164,951	169,9248	174,8487	178,7592
-3,6643	-3,0003	-2,4444	-1,9583	-1,5878	-1,3562	-1,2707	-1,2542	-1,2455	-1,2408

Tabla 7. Estabilidad a grandes ángulos SC1

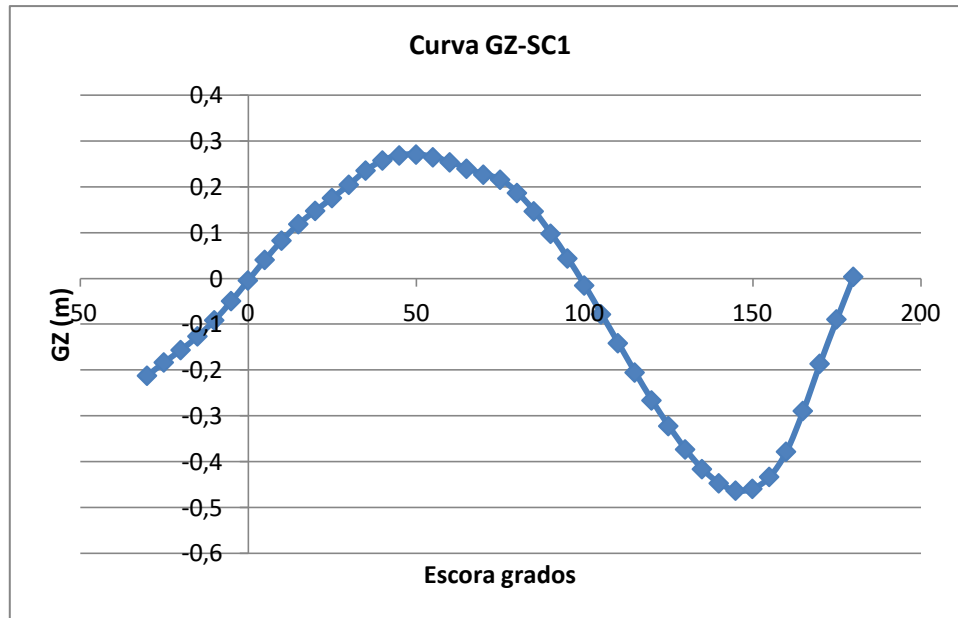


Figura 4. Curva GZ-SC1

### 3.3.2 Condición de carga SC2.

#### 3.3.2.1 Configuración de la carga y provisiones en MaxSurf

Nombre	Cantidad	Peso total (t)	Volumen total (m3)	Xg	Yg	Zg
Lightship	1	94,07	-	10,48	0,00	2,87
Tripulantes y víveres	1	0,42	-	11,62	0,00	2,72
Capturas	1	0,15	-	5,37	0,00	3,63
Tank Comb 1	35%	0,30	0,35	12,07	1,74	2,18
Tank Comb 2	35%	0,30	0,35	12,07	-1,74	2,18
Tank agua dulce	35%	0,32	0,32	8,72	1,74	2,18
Tank Comb 3	35%	0,30	0,35	11,07	1,74	2,18
Tank Comb 4	35%	0,30	0,35	11,07	-1,74	2,18
Tank Comb 5	35%	0,15	0,18	10,32	1,74	2,18
Tank Comb 6	35%	0,15	0,18	10,32	-1,74	2,18
Tank agua dulce	35%	0,32	0,32	9,62	1,74	2,18
Tank sentina	35%	0,32	0,35	9,57	-1,74	2,18
Tank aceite	35%	0,03	0,04	8,17	1,74	2,59
Tank retención	35%	0,32	0,35	8,57	-1,74	2,18
<b>TOTAL</b>		<b>97,43</b>	<b>3,12</b>	<b>10,47</b>	<b>0,00</b>	<b>2,85</b>

Tabla 8. Configuración de la carga y provisiones SC2

### 3.3.2.2 Situación de equilibrio

Situación equilibrio SC2	
Displacement t	97,43
Heel deg	0,3
Draft at FP m	2,884
Draft at AP m	2,079
Draft at LCF m	2,459
Trim (+ve by stern) m	-0,804
WL Length m	19,95
Beam max extents on WL m	5,053
Wetted Area m <sup>2</sup>	139,9
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	85,41
Prismatic coeff. (Cp)	0,635
Block coeff. (Cb)	0,316
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,59
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,847
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,52
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,143
KB m	1,744
KG fluid m	2,858
BMt m	1,609
BML m	23,79
GMt corrected m	0,494
GML m	22,68
KMt m	3,351
KML m	25,51
Immersion (TPc) tonne/cm	0,875
MTc tonne.m	1,142
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,84
Max deck inclination deg	2,401
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,381

Tabla 9. Situación de equilibrio SC2

### 3.3.2.3 Estabilidad a grandes ángulos

Heel (deg)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
GZ m	-0,189	-0,164	-0,141	-0,116	-0,085	-0,046	-0,003	0,04	0,079	0,11	0,135	0,159	0,212	0,224
Area under GZ curve from zero heel m.deg	3,2507	2,3687	1,6053	0,9598	0,4537	0,1237	-0,0028	0,0924	0,3913	0,8669	1,4825	2,2173	3,3786	4,0596
Displacement t	97,43	97,44	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,44	97,43
Draft at FP m	2,886	2,905	2,912	2,91	2,901	2,889	2,884	2,89	2,902	2,911	2,913	2,907	2,89	2,859
Draft at AP m	1,667	1,786	1,883	1,962	2,022	2,063	2,079	2,064	2,023	1,963	1,886	1,789	1,67	1,524
WL Length m	20,599	20,597	20,589	20,573	20,553	20,53	19,948	20,53	20,553	20,573	20,588	20,597	20,599	20,659
Beam max extents on WL m	5,204	5,132	5,098	5,098	5,128	5,072	5,053	5,072	5,128	5,098	5,098	5,132	5,204	5,119
Wetted Area m <sup>2</sup>	138,807	138,058	137,926	138,451	139,188	139,943	139,95	139,941	139,188	138,451	137,93	138,055	138,81	140,147
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	83,736	82,372	81,964	82,569	84,149	85,321	85,43	85,319	84,149	82,57	81,969	82,371	83,738	84,889
Prismatic coeff. (Cp)	0,646	0,639	0,633	0,627	0,622	0,619	0,635	0,619	0,622	0,627	0,633	0,639	0,646	0,651
Block coeff. (Cb)	0,386	0,36	0,34	0,324	0,311	0,308	0,316	0,308	0,311	0,324	0,34	0,36	0,386	0,434
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,535	10,532	10,53	10,525	10,522	10,519	10,518	10,519	10,522	10,525	10,528	10,532	10,535	10,538
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,732	9,621	9,516	9,406	9,275	9,149	9,142	9,149	9,275	9,406	9,515	9,62	9,732	9,797
Max deck inclination deg	30,1472	25,1677	20,1952	15,2374	10,3198	5,5605	2,382	5,5608	10,3199	15,2374	20,1948	25,1676	30,1473	35,1301
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,6071	-3,3077	-3,0433	-2,8059	-2,6019	-2,4453	-2,382	-2,446	-2,6019	-2,8061	-3,0405	-3,3067	-3,6077	-3,9462

40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
0,236	0,25	0,255	0,253	0,247	0,238	0,231	0,22	0,19	0,147	0,097	0,04	-0,022	-0,088	-0,155
5,4854	6,4063	7,6736	8,9477	10,1999	11,4109	12,5835	13,7183	14,7497	15,595	16,2077	16,552	16,5984	16,324	15,717
97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,44	97,43	97,42	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43
2,823	2,789	2,759	2,733	2,709	2,683	2,654	2,646	2,684	2,815	n/a	-2,353	-2,522	-2,611	-2,677
1,35	1,141	0,887	0,576	0,185	-0,322	-1,033	-2,216	-4,674	-12,093	n/a	-17,546	-10,093	-7,584	-6,313
20,724	20,934	21,094	21,223	21,461	21,765	22,018	22,223	22,386	22,506	22,498	22,404	22,283	22,241	22,262
4,786	4,534	4,348	4,273	4,478	4,819	5,313	4,507	4,032	3,932	4,076	4,126	3,797	3,565	3,462
142,001	143,718	144,822	145,715	145,429	143,973	140,578	135,96	134,1	133,292	132,645	132,115	131,76	131,63	131,732
83,76	82,216	80,531	79,402	78,45	77,73	77,693	74,777	72,201	70,523	69,068	67,479	65,866	64,849	64,461
0,661	0,667	0,676	0,685	0,691	0,693	0,695	0,699	0,71	0,721	0,731	0,742	0,753	0,763	0,77
0,526	0,582	0,59	0,58	0,535	0,481	0,425	0,492	0,54	0,508	0,458	0,429	0,448	0,461	0,461
10,542	10,545	10,549	10,553	10,556	10,557	10,558	10,559	10,562	10,565	10,567	10,567	10,566	10,564	10,56
9,812	9,791	9,781	9,823	9,886	9,956	10,056	10,431	10,667	10,816	10,891	10,857	10,729	10,599	10,482
40,1157	45,1036	50,0927	55,0818	60,0701	65,0574	70,0442	75,0324	80,022	85,0113	90	94,9883	99,9768	104,9661	109,957
-4,354	-4,8698	-5,5279	-6,3637	-7,4318	-8,8283	-10,7896	-14,1057	-20,8238	-37,6196	n/a	-38,1454	-21,3739	-14,4166	-10,6464

115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
-0,221	-0,285	-0,344	-0,397	-0,442	-0,475	-0,493	-0,49	-0,465	-0,411	-0,321	-0,208	-0,1	0,003
14,776	13,5093	11,934	10,0765	7,9733	5,6741	3,246	0,7791	-1,6189	-3,8232	-5,6685	-6,993	-7,7597	-8,0026
97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,44	97,44	97,43	97,43	97,42	97,43	97,43
-2,731	-2,78	-2,824	-2,867	-2,908	-2,949	-2,99	-3,03	-3,066	-3,094	-3,113	-3,127	-3,134	-3,136
-5,538	-5,012	-4,63	-4,337	-4,106	-3,918	-3,764	-3,639	-3,548	-3,495	-3,481	-3,487	-3,493	-3,494
22,225	22,165	21,73	21,345	21,056	20,991	20,936	20,874	20,847	20,848	20,859	20,869	20,874	20,876
3,424	3,442	3,508	3,612	3,759	3,967	4,256	4,556	4,952	5,282	5,508	5,45	5,386	5,365
132,046	132,629	133,036	134,015	134,857	136,304	138,245	141,021	144,775	149,726	155,579	157,16	157,374	157,452
64,641	65,274	66,655	68,103	70,569	74,042	78,47	83,208	88,199	94,229	100,632	100,431	99,283	98,901
0,778	0,783	0,799	0,811	0,817	0,81	0,796	0,782	0,773	0,767	0,764	0,763	0,763	0,763
0,458	0,451	0,449	0,446	0,44	0,426	0,409	0,396	0,376	0,363	0,357	0,367	0,374	0,375
10,554	10,548	10,541	10,534	10,525	10,519	10,51	10,502	10,496	10,492	10,49	10,488	10,49	10,489
10,365	10,227	10,112	9,904	9,734	9,569	9,375	9,207	9,068	8,842	8,593	8,559	8,569	8,57
114,9499	119,9451	124,9427	129,9427	134,9453	139,9498	144,9562	149,9632	154,9686	159,9702	164,964	169,9454	174,8894	178,9411
-8,2567	-6,5839	-5,3314	-4,3468	-3,5411	-2,8682	-2,2902	-1,8012	-1,4287	-1,1876	-1,0884	-1,0675	-1,0629	-1,0589

Tabla 10. Estabilidad a grandes ángulos SC2

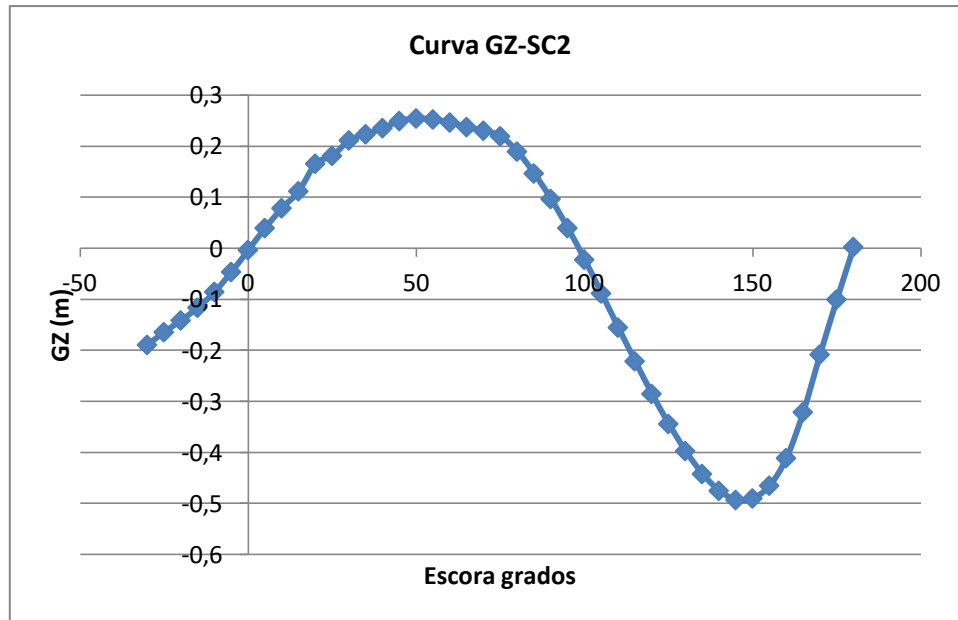


Figura 5. Curva GZ-SC2

### 3.3.3 Condición de carga SC3.

#### 3.3.3.1 Configuración de la carga y provisiones en Maxsurf

Nombre	Cantidad	Peso total (t)	Volumen total (m3)	Xg	Yg	Zg
Lightship	1	94,07	-	10,48	0,00	2,87
Tripulantes y víveres	1	0,42	-	11,62	0,00	2,72
Capturas	1	0,15	-	5,37	0,00	3,63
Tank Comb 1	10%	0,09	0,10	12,07	1,74	2,05
Tank Comb 2	10%	0,09	0,10	12,07	-1,74	2,05
Tank agua dulce	10%	0,09	0,09	8,72	1,74	2,05
Tank Comb 3	10%	0,09	0,10	11,07	1,74	2,05
Tank Comb 4	10%	0,09	0,10	11,07	-1,74	2,05
Tank Comb 5	10%	0,04	0,05	10,32	1,74	2,05
Tank Comb 6	10%	0,04	0,05	10,32	-1,74	2,05
Tank agua dulce	10%	0,09	0,09	9,62	1,74	2,05
Tank sentina	10%	0,09	0,10	9,57	-1,74	2,05
Tank aceite	10%	0,01	0,01	8,17	1,74	2,53
Tank retención	10%	0,09	0,10	8,57	-1,74	2,05
<b>TOTAL</b>		<b>95,44</b>	<b>0,89</b>	<b>10,48</b>	<b>0,00</b>	<b>2,86</b>

Tabla 11. Configuración de la carga y provisiones SC3

### 3.3.3.2 Situación de equilibrio

Situación equilibrio SC3	
Displacement t	95,43
Heel deg	0,3
Draft at FP m	2,85
Draft at AP m	2,066
Draft at LCF m	2,438
Trim (+ve by stern) m	-0,785
WL Length m	19,85
Beam max extents on WL m	5,045
Wetted Area m <sup>2</sup>	138,4
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	84,53
Prismatic coeff. (Cp)	0,636
Block coeff. (Cb)	0,313
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,587
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,844
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,52
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,176
KB m	1,728
KG fluid m	2,871
BMt m	1,619
BML m	23,63
GMt corrected m	0,475
GML m	22,48
KMt m	3,346
KML m	25,34
Immersion (TPc) tonne/cm	0,866
MTc tonne.m	1,109
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,792
Max deck inclination deg	2,339
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,323

Tabla 12. Situación de equilibrio SC3



### 3.3.3.3 Estabilidad a grandes ángulos

Heel (deg)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
GZ m	-0,176	-0,154	-0,133	-0,11	-0,081	-0,044	-0,003	0,038	0,076	0,105	0,128	0,149	0,171	0,199
Area under GZ curve from zero heel m.deg	3,0658	2,2419	1,5254	0,9156	0,4337	0,1178	-0,0025	0,0899	0,3783	0,833	1,4162	2,1074	3,4732	3,8297
Displacement t	95,44	95,45	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44
Draft at FP m	2,854	2,872	2,879	2,877	2,868	2,856	2,851	2,857	2,869	2,879	2,88	2,874	2,857	2,826
Draft at AP m	1,646	1,767	1,865	1,945	2,007	2,05	2,066	2,05	2,008	1,947	1,868	1,769	1,649	1,501
WL Length m	20,573	20,572	20,563	20,548	20,527	20,43	19,848	20,427	20,527	20,548	20,562	20,572	20,573	20,626
Beam max extents on WL m	5,176	5,105	5,073	5,075	5,108	5,064	5,045	5,064	5,108	5,075	5,073	5,105	5,176	5,139
Wetted Area m <sup>2</sup>	137,467	136,775	136,961	137,118	137,814	138,514	138,376	138,51	137,815	137,118	136,965	136,771	137,47	138,796
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	82,982	81,677	81,176	81,796	83,346	84,547	84,517	84,543	83,346	81,796	81,18	81,676	82,984	84,615
Prismatic coeff. (Cp)	0,644	0,638	0,631	0,625	0,62	0,619	0,636	0,619	0,62	0,625	0,631	0,638	0,644	0,65
Block coeff. (Cb)	0,384	0,358	0,337	0,321	0,308	0,305	0,313	0,305	0,308	0,321	0,337	0,358	0,384	0,428
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,54	10,537	10,533	10,529	10,526	10,522	10,522	10,523	10,526	10,529	10,532	10,536	10,54	10,543
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,735	9,629	9,519	9,413	9,286	9,172	9,178	9,172	9,286	9,414	9,518	9,628	9,735	9,814
Max deck inclination deg	30,1446	25,1638	20,1896	15,2293	10,307	5,5353	2,3234	5,5358	10,3071	15,2294	20,1893	25,1637	30,1446	35,1282
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,5742	-3,2686	-2,9995	-2,7576	-2,5485	-2,3869	-2,3234	-2,3881	-2,5486	-2,758	-2,9968	-3,2679	-3,5751	-3,9172

40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
0,223	0,238	0,244	0,243	0,238	0,232	0,228	0,216	0,184	0,141	0,09	0,032	-0,031	-0,098	-0,166
5,3215	6,0437	7,2511	8,4713	9,6777	10,8523	12,0004	13,1152	14,1223	14,9396	15,5204	15,828	15,8319	15,5092	14,8483
95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,45	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44	95,44
2,788	2,75	2,716	2,684	2,653	2,617	2,575	2,549	2,543	2,538	n/a	-2,643	-2,677	-2,721	-2,763
1,325	1,113	0,856	0,54	0,142	-0,375	-1,1	-2,319	-4,845	-12,457	n/a	-17,926	-10,281	-7,707	-6,404
20,862	21,061	21,215	21,34	21,533	21,729	21,991	22,203	22,371	22,496	22,505	22,414	22,297	22,256	22,237
4,806	4,552	4,365	4,318	4,528	4,877	5,313	4,435	3,997	3,95	4,111	4,07	3,715	3,502	3,418
140,57	142,26	143,359	144,061	143,73	142,09	138,532	134,109	132,496	131,709	131,064	130,647	130,142	130,041	130,159
83,736	82,334	80,776	79,716	78,575	77,94	77,728	74,554	72,109	70,425	68,874	67,153	65,473	64,454	64,072
0,653	0,66	0,669	0,679	0,685	0,691	0,693	0,697	0,709	0,719	0,728	0,739	0,751	0,761	0,769
0,516	0,572	0,581	0,567	0,524	0,473	0,423	0,497	0,541	0,501	0,45	0,431	0,453	0,464	0,463
10,547	10,55	10,554	10,557	10,56	10,562	10,563	10,565	10,568	10,57	10,572	10,573	10,572	10,569	10,564
9,837	9,82	9,808	9,853	9,904	9,99	10,101	10,481	10,704	10,848	10,911	10,856	10,718	10,588	10,471
40,1142	45,1022	50,0915	55,0808	60,0694	65,0569	70,0439	75,0325	80,0221	85,0114	90	94,9882	99,9765	104,9659	109,9569
-4,3251	-4,8376	-5,4916	-6,326	-7,3939	-8,7902	-10,7562	-14,1258	-20,904	-37,7804	-37,542	-38,3082	-21,4585	-14,455	-10,6592

115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
-0,233	-0,298	-0,358	-0,412	-0,457	-0,491	-0,508	-0,506	-0,481	-0,427	-0,336	-0,218	-0,106	0,003
13,8484	12,5183	10,8755	8,9468	6,7697	4,3947	1,89	-0,6538	-3,1295	-5,412	-7,3347	-8,7239	-9,5303	-9,7875
95,44	95,44	95,44	95,44	95,45	95,44	95,44	95,44	95,45	95,44	95,44	95,43	95,44	95,44
-2,803	-2,842	-2,879	-2,917	-2,955	-2,992	-3,03	-3,067	-3,1	-3,127	-3,145	-3,158	-3,166	-3,168
-5,609	-5,069	-4,676	-4,375	-4,137	-3,945	-3,786	-3,657	-3,564	-3,508	-3,491	-3,498	-3,502	-3,504
22,185	21,952	21,45	21,187	21,09	21,021	20,968	20,909	20,872	20,872	20,882	20,891	20,897	20,899
3,386	3,416	3,481	3,582	3,727	3,934	4,206	4,523	4,902	5,293	5,516	5,457	5,393	5,372
130,502	130,922	131,355	132,2	133,35	134,809	136,739	139,576	143,324	148,294	154,281	156,219	156,452	156,517
64,235	64,977	66,136	67,783	70,123	73,622	78,081	82,671	87,648	93,713	100,337	100,728	99,549	99,18
0,778	0,789	0,808	0,817	0,816	0,81	0,797	0,78	0,771	0,764	0,761	0,76	0,76	0,76
0,459	0,454	0,454	0,448	0,439	0,425	0,41	0,395	0,376	0,359	0,354	0,364	0,371	0,372
10,559	10,552	10,545	10,537	10,529	10,522	10,513	10,505	10,499	10,495	10,493	10,492	10,492	10,492
10,351	10,231	10,084	9,908	9,722	9,563	9,375	9,234	9,098	8,875	8,62	8,576	8,583	8,585
114,95	119,9454	124,9432	129,9437	134,9466	139,9514	144,9581	149,9654	154,971	159,973	164,9682	169,9517	174,9024	179,006
-8,2532	-6,5669	-5,3078	-4,3088	-3,4966	-2,8206	-2,2383	-1,7477	-1,3742	-1,1289	-1,0241	-1,0044	-0,9978	-0,994

Tabla 13. Estabilidad a grandes ángulos SC3

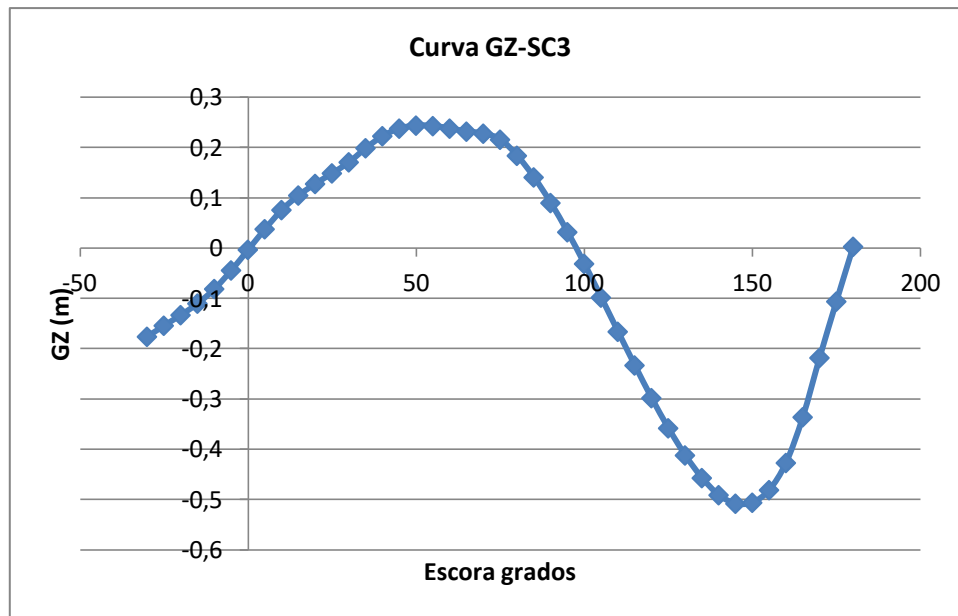


Figura 6. Curva GZ-SC3

### 3.3.4 Condición de carga SC4.

#### 3.3.4.1 Configuración de la carga y provisiones en Maxsurf

Nombre	Cantidad	Peso total (t)	Volumen total (m3)	Xg	Yg	Zg
Lightship	1	94,07	-	10,48	0,00	2,87
Tripulantes y víveres	1	0,42	-	11,62	0,00	2,72
Capturas	0,2	0,03	-	5,37	0,00	3,63
Tank Comb 1	10%	0,09	0,10	12,07	1,74	2,05
Tank Comb 2	10%	0,09	0,10	12,07	-1,74	2,05
Tank agua dulce	10%	0,09	0,09	8,72	1,74	2,05
Tank Comb 3	10%	0,09	0,10	11,07	1,74	2,05
Tank Comb 4	10%	0,09	0,10	11,07	-1,74	2,05
Tank Comb 5	10%	0,04	0,05	10,32	1,74	2,05
Tank Comb 6	10%	0,04	0,05	10,32	-1,74	2,05
Tank agua dulce	10%	0,09	0,09	9,62	1,74	2,05
Tank sentina	10%	0,09	0,10	9,57	-1,74	2,05
Tank aceite	10%	0,01	0,01	8,17	1,74	2,53
Tank retención	10%	0,09	0,10	8,57	-1,74	2,05
<b>TOTAL</b>		<b>95,32</b>	<b>0,89</b>	<b>10,48</b>	<b>0,00</b>	<b>2,86</b>

Tabla 14. Configuración de la carga y provisiones SC4

### 3.3.4.2 Situación de equilibrio

Situación equilibrio SC4	
Displacement t	95,32
Heel deg	0,3
Draft at FP m	2,851
Draft at AP m	2,062
Draft at LCF m	2,437
Trim (+ve by stern) m	-0,789
WL Length m	19,83
Beam max extents on WL m	5,045
Wetted Area m <sup>2</sup>	138,2
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	84,39
Prismatic coeff. (Cp)	0,636
Block coeff. (Cb)	0,314
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,587
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,844
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,53
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,191
KB m	1,727
KG fluid m	2,87
BMt m	1,617
BML m	23,55
GMt corrected m	0,474
GML m	22,41
KMt m	3,343
KML m	25,26
Immersion (TPc) tonne/cm	0,865
MTc tonne.m	1,104
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,789
Max deck inclination deg	2,351
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,335

Tabla 15. Situación de equilibrio SC4

### 3.3.4.3 Estabilidad a grandes ángulos

Heel (deg)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
GZ m	-0,176	-0,154	-0,133	-0,11	-0,081	-0,044	-0,003	0,038	0,076	0,105	0,128	0,149	0,171	0,199
Area under GZ curve from zero heel m.deg	3,0639	2,2402	1,5239	0,9146	0,4331	0,1176	-0,0025	0,0897	0,3776	0,832	1,4147	2,1057	3,3612	3,8278
Displacement t	95,32	95,33	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,33	95,32
Draft at FP m	2,855	2,873	2,88	2,878	2,869	2,857	2,851	2,857	2,87	2,879	2,881	2,875	2,858	2,827
Draft at AP m	1,641	1,763	1,861	1,942	2,004	2,046	2,062	2,047	2,005	1,943	1,864	1,765	1,644	1,497
WL Length m	20,574	20,572	20,563	20,548	20,528	20,381	19,829	20,379	20,528	20,548	20,563	20,572	20,574	20,627
Beam max extents on WL m	5,174	5,104	5,072	5,074	5,106	5,063	5,045	5,063	5,106	5,074	5,072	5,104	5,174	5,137
Wetted Area m <sup>2</sup>	137,384	136,685	136,862	137,014	137,695	138,375	138,203	138,371	137,696	137,014	136,866	136,683	137,388	138,711
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	82,928	81,617	81,114	81,727	83,261	84,445	84,38	84,441	83,261	81,728	81,118	81,617	82,931	84,575
Prismatic coeff. (Cp)	0,644	0,637	0,631	0,625	0,62	0,62	0,636	0,62	0,62	0,625	0,631	0,637	0,644	0,649
Block coeff. (Cb)	0,384	0,358	0,337	0,321	0,308	0,306	0,314	0,306	0,308	0,321	0,337	0,358	0,384	0,428
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,547	10,543	10,54	10,536	10,532	10,529	10,528	10,529	10,532	10,536	10,539	10,543	10,547	10,55
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	9,74	9,634	9,525	9,42	9,294	9,182	9,192	9,183	9,294	9,42	9,524	9,634	9,74	9,818
Max deck inclination deg	30,1458	25,1652	20,1914	15,2316	10,31	5,5405	2,3355	5,5409	10,31	15,2316	20,1911	25,1652	30,1459	35,1293
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,5897	-3,2835	-3,0136	-2,771	-2,561	-2,3989	-2,3355	-2,4	-2,5611	-2,7714	-3,011	-3,2828	-3,5906	-3,9332

40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
0,223	0,238	0,244	0,244	0,239	0,233	0,229	0,217	0,186	0,142	0,091	0,033	-0,03	-0,097	-0,165
5,251	6,0434	7,2529	8,4761	9,6866	10,8666	12,0214	13,1435	14,1573	14,9811	15,5684	15,8825	15,8927	15,5761	14,9211
95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32	95,32
2,789	2,751	2,717	2,685	2,654	2,618	2,577	2,551	2,547	2,545	n/a	-2,637	-2,674	-2,718	-2,761
1,32	1,108	0,851	0,534	0,135	-0,383	-1,111	-2,336	-4,871	-12,509	n/a	-17,979	-10,308	-7,726	-6,417
20,857	21,057	21,212	21,337	21,531	21,73	21,992	22,204	22,372	22,497	22,504	22,414	22,296	22,255	22,238
4,808	4,553	4,366	4,325	4,536	4,886	5,313	4,435	3,997	3,95	4,111	4,07	3,718	3,503	3,418
140,478	142,163	143,265	143,961	143,613	141,966	138,39	134,01	132,407	131,624	130,98	130,561	130,058	129,956	130,072
83,711	82,313	80,771	79,717	78,573	77,938	77,704	74,534	72,078	70,398	68,849	67,135	65,457	64,437	64,055
0,653	0,66	0,669	0,678	0,685	0,69	0,692	0,697	0,709	0,718	0,728	0,738	0,75	0,76	0,768
0,516	0,572	0,58	0,566	0,523	0,472	0,422	0,497	0,541	0,501	0,449	0,43	0,452	0,464	0,463
10,553	10,557	10,56	10,564	10,567	10,569	10,57	10,571	10,574	10,577	10,579	10,58	10,579	10,576	10,571
9,841	9,824	9,811	9,855	9,905	9,991	10,104	10,483	10,705	10,849	10,911	10,858	10,72	10,589	10,472
40,115	45,103	50,0921	55,0813	60,0698	65,0572	70,0442	75,0327	80,0223	85,0115	90	94,9881	99,9764	104,9657	109,9566
-4,3415	-4,8548	-5,51	-6,3462	-7,4175	-8,8187	-10,7921	-14,1783	-20,9798	-37,8901	n/a	-38,4178	-21,5367	-14,5116	-10,7027

115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
-0,232	-0,297	-0,357	-0,411	-0,456	-0,49	-0,508	-0,505	-0,48	-0,427	-0,336	-0,219	-0,106	0,003
13,9268	12,602	10,964	9,0398	6,8666	4,495	1,9931	-0,5487	-3,0232	-5,3059	-7,2301	-8,6212	-9,4289	-9,6865
95,32	95,32	95,32	95,32	95,33	95,32	95,32	95,32	95,33	95,32	95,32	95,31	95,32	95,32
-2,801	-2,841	-2,878	-2,917	-2,954	-2,991	-3,029	-3,067	-3,1	-3,127	-3,145	-3,158	-3,165	-3,168
-5,619	-5,078	-4,684	-4,381	-4,142	-3,949	-3,79	-3,661	-3,567	-3,511	-3,494	-3,5	-3,505	-3,506
22,187	21,961	21,456	21,186	21,09	21,021	20,968	20,909	20,873	20,872	20,882	20,892	20,897	20,899
3,386	3,416	3,48	3,582	3,727	3,934	4,206	4,523	4,901	5,293	5,516	5,458	5,393	5,372
130,414	130,835	131,263	132,113	133,256	134,716	136,644	139,486	143,232	148,198	154,199	156,173	156,405	156,471
64,218	64,957	66,115	67,76	70,1	73,597	78,055	82,612	87,584	93,646	100,293	100,733	99,557	99,187
0,777	0,788	0,807	0,816	0,815	0,809	0,796	0,779	0,77	0,763	0,76	0,759	0,759	0,759
0,459	0,454	0,453	0,448	0,438	0,425	0,41	0,394	0,376	0,358	0,353	0,363	0,371	0,371
10,566	10,559	10,552	10,544	10,535	10,529	10,52	10,512	10,505	10,501	10,499	10,498	10,499	10,498
10,353	10,233	10,085	9,909	9,723	9,564	9,376	9,238	9,101	8,878	8,621	8,576	8,583	8,585
114,9495	119,9449	124,9427	129,9432	134,9461	139,9509	144,9576	149,9649	154,9706	159,9726	164,9677	169,951	174,901	178,9989
-8,288	-6,5957	-5,3321	-4,3293	-3,5141	-2,8355	-2,2509	-1,7588	-1,3839	-1,1373	-1,0313	-1,0115	-1,0049	-1,0011

Tabla 16. Estabilidad a grandes ángulos SC4



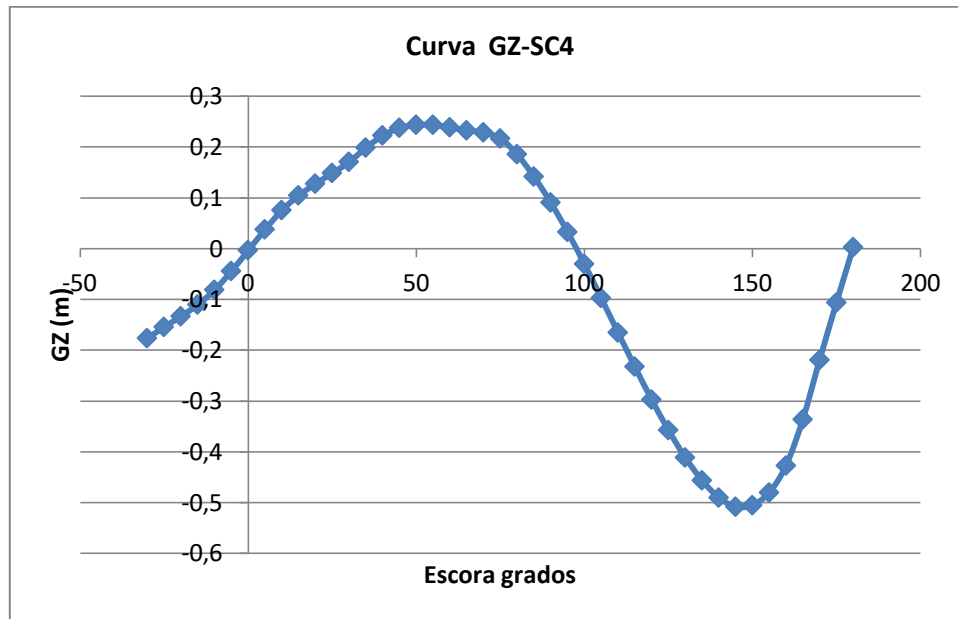


Figura 7. Curva GZ-SC4

### 3.3.5 Condición de carga SC5.

#### 3.3.5.1 Configuración de la carga y provisiones en Maxsurf

Nombre	Cantidad	Peso total (t)	Volumen total (m3)	Xg	Yg	Zg
Lightship	1	94,07	-	6,00	0,00	2,96
Tripulantes y víveres	1	0,42	-	11,62	0,00	2,72
Capturas	1	0,15	-	5,37	0,00	3,63
Tank Comb 1	35%	0,30	0,35	12,07	1,74	2,18
Tank Comb 2	35%	0,30	0,35	12,07	-1,74	2,18
Tank agua dulce	35%	0,32	0,32	8,72	1,74	2,18
Tank Comb 3	35%	0,30	0,35	11,07	1,74	2,18
Tank Comb 4	35%	0,30	0,35	11,07	-1,74	2,18
Tank Comb 5	35%	0,15	0,18	10,32	1,74	2,18
Tank Comb 6	35%	0,15	0,18	10,32	-1,74	2,18
Tank agua dulce	35%	0,32	0,32	9,62	1,74	2,18
Tank sentina	35%	0,32	0,35	9,57	-1,74	2,18
Tank aceite	35%	0,03	0,04	8,17	1,74	2,59
Tank retención	35%	0,32	0,35	8,57	-1,74	2,18
<b>TOTAL</b>		<b>97,43</b>	<b>3,12</b>	<b>6,15</b>	<b>0,00</b>	<b>2,94</b>

Tabla 17. Configuración de la carga y provisiones SC5

### 3.3.5.2 Situación de equilibrio

Situación equilibrio SC5	
Displacement t	97,43
Heel deg	0,4
Draft at FP m	0,895
Draft at AP m	3,479
Draft at LCF m	2,544
Trim (+ve by stern) m	2,584
WL Length m	20,6
Beam max extents on WL m	5,109
Wetted Area m <sup>2</sup>	126,2
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	80,15
Prismatic coeff. (Cp)	0,61
Block coeff. (Cb)	0,225
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,466
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,761
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,011
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,002
KB m	1,932
KG fluid m	2,945
BMt m	1,559
BML m	20,11
GMt corrected m	0,538
GML m	19,09
KMt m	3,477
KML m	21,87
Immersion (TPc) tonne/cm	0,822
MTc tonne.m	0,962
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,914
Max deck inclination deg	7,617
Trim angle (+ve by stern) deg	7,609

Tabla 18. Situación de equilibrio SC5

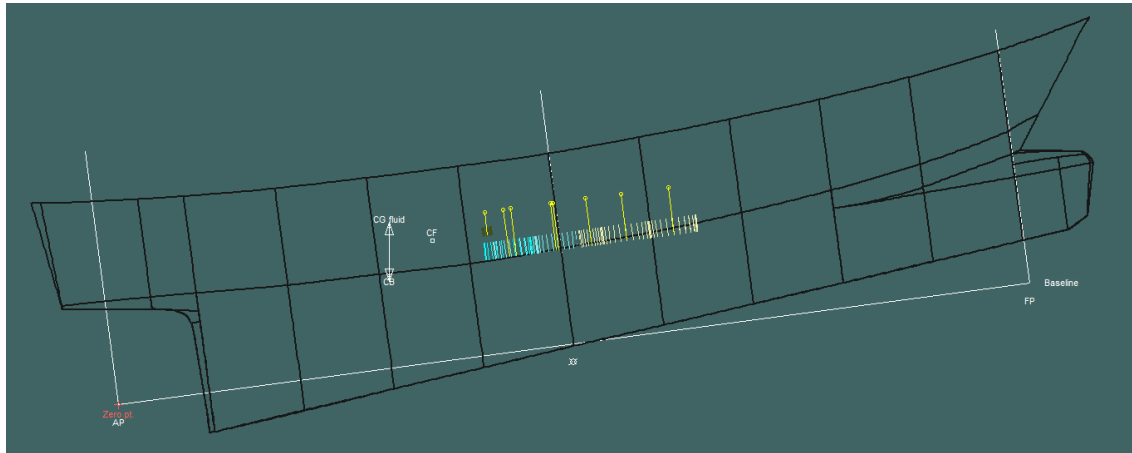


Figura 8. Trimado del buque proyecto II

Analizando la figura 8, se observa que el trimado positivo que disponía el buque proyecto en las situaciones de carga anteriores, ha pasado a convertirse en un trimado ligeramente negativo, eso sí, la condición inicial ha ayudado a la embarcación a compensar parte del trimado. Esto sucede debido a la variación de los pesos de la maquinaria de la cubierta de trabajo al extremo de popa, teniendo como consecuencia una reducción de francobordo pero respetando las restricciones del Real Decreto 543/2007 [1] y un aumento en la sumersión de la hélice con su correspondiente incremento de rendimiento.

### 3.3.5.3 Estabilidad a grandes ángulos

Heel (deg)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
GZ m	-0,283	-0,252	-0,205	-0,15	-0,098	-0,05	-0,003	0,044	0,092	0,144	0,199	0,246	0,278	0,292
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4,4995	3,1581	2,0104	1,1226	0,5027	0,1325	-0,0028	0,1012	0,4405	1,0297	1,8879	3,0059	4,3223	5,7521
Displacement t	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43
Draft at FP m	0,578	0,699	0,783	0,835	0,868	0,888	0,895	0,889	0,87	0,837	0,786	0,702	0,581	0,422
Draft at AP m	3,482	3,466	3,463	3,47	3,476	3,478	3,479	3,479	3,476	3,471	3,464	3,468	3,485	3,515
WL Length m	19,504	19,924	20,225	20,417	20,537	20,597	20,602	20,598	20,538	20,419	20,227	19,925	19,502	18,983
Beam max extents on WL m	5,228	5,271	5,444	5,293	5,189	5,129	5,109	5,129	5,189	5,293	5,444	5,271	5,228	5,143
Wetted Area m <sup>2</sup>	129,564	128,445	127,067	126,453	126,342	126,217	126,19	126,219	126,347	126,459	127,071	128,447	129,562	130,379
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	76,266	79,603	81,828	81,657	80,857	80,327	80,149	80,329	80,86	81,662	81,834	79,609	76,261	72,764
Prismatic coeff. (Cp)	0,639	0,632	0,626	0,619	0,613	0,611	0,61	0,611	0,613	0,619	0,626	0,632	0,639	0,654
Block coeff. (Cb)	0,267	0,248	0,229	0,226	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,226	0,229	0,248	0,267	0,293
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,005	6,008	6,009	6,01	6,01	6,01	6,011	6,011	6,011	6,011	6,01	6,008	6,005	6
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,381	7,158	6,982	6,948	6,98	6,996	7,002	6,996	6,98	6,949	6,982	7,158	7,381	7,606
Max deck inclination deg	30,818	26,0003	21,2778	16,7308	12,513	9,0867	7,6088	9,086	12,512	16,7298	21,2771	25,9998	30,8183	35,6871
Trim angle (+ve by stern) deg	8,5369	8,1377	7,8863	7,7587	7,6755	7,6257	7,6088	7,6249	7,6739	7,7563	7,8841	8,1356	8,5386	9,0842

40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
0,29	0,276	0,253	0,222	0,185	0,143	0,097	0,049	0	-0,049	-0,098	-0,146	-0,194	-0,249	-0,306
7,2115	8,6318	9,9603	11,1526	12,1733	12,9948	13,5958	13,9617	14,085	13,9624	13,5945	12,9842	12,1343	11,0292	9,6425
97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43
0,222	-0,031	-0,355	-0,782	-1,358	-2,171	-3,4	-5,458	-9,602	-22,057	n/a	-27,875	-15,414	-11,233	-9,111
3,559	3,622	3,711	3,837	4,017	4,284	4,702	5,421	6,897	11,388	n/a	6,74	2,22	0,657	-0,176
18,379	17,688	17,696	17,888	18,071	18,204	18,3	18,368	18,957	19,451	19,867	20,241	20,573	20,885	21,204
4,988	4,836	4,693	4,685	4,529	4,373	4,257	4,223	4,276	4,37	4,587	4,846	5,069	4,08	3,55
131,227	132,493	132,784	133,529	133,838	134,283	134,544	134,622	134,386	133,396	131,872	129,503	126,259	124,261	124,026
69,334	66,768	64,045	62,142	60,267	58,88	57,754	56,935	56,585	56,205	56,116	55,796	55,303	54,129	53,774
0,675	0,704	0,707	0,703	0,699	0,697	0,698	0,697	0,676	0,659	0,636	0,608	0,581	0,559	0,539
0,332	0,381	0,405	0,388	0,387	0,389	0,391	0,387	0,367	0,338	0,298	0,264	0,238	0,283	0,315
5,995	5,991	5,986	5,981	5,976	5,972	5,968	5,964	5,961	5,958	5,956	5,954	5,954	5,955	5,96
7,788	7,974	8,059	8,158	8,204	8,241	8,258	8,252	8,249	8,177	8,099	8,025	7,983	8,082	8,169
40,5852	45,5018	50,4315	55,3702	60,3142	65,2615	70,2106	75,16	80,109	85,056	90	94,9401	99,8758	104,8094	109,7448
9,7896	10,6935	11,8701	13,4292	15,5276	18,4529	22,7245	29,3534	40,4606	59,9543	n/a	60,8008	42,3507	31,5767	24,7917

115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
-0,362	-0,415	-0,461	-0,5	-0,529	-0,546	-0,549	-0,535	-0,503	-0,45	-0,37	-0,261	-0,129	0,003
7,9702	6,0257	3,8325	1,4244	-1,1532	-3,8452	-6,5876	-9,305	-11,9102	-14,302	-16,3636	-17,9533	-18,9323	-19,2467
97,43	97,43	97,43	97,42	97,42	97,42	97,42	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43	97,43
-7,824	-6,955	-6,328	-5,851	-5,48	-5,187	-4,954	-4,773	-4,634	-4,534	-4,473	-4,45	-4,453	-4,455
-0,7	-1,068	-1,346	-1,567	-1,747	-1,896	-2,019	-2,12	-2,204	-2,27	-2,318	-2,348	-2,361	-2,364
21,535	21,79	22,013	22,209	22,36	22,482	22,472	22,262	22,079	21,966	21,894	21,86	21,849	21,845
3,38	3,42	3,489	3,592	3,74	3,945	4,234	4,66	5,235	5,553	5,525	5,475	5,411	5,39
124,343	125,204	126,338	127,753	129,471	131,487	133,867	136,648	139,831	143,581	148,016	153,012	153,089	152,557
54,293	55,277	56,96	59,377	62,36	65,766	69,726	74,246	79,48	85,456	92,303	99,724	100,994	101,225
0,52	0,504	0,488	0,473	0,46	0,45	0,443	0,442	0,44	0,436	0,432	0,425	0,418	0,415
0,323	0,316	0,309	0,303	0,296	0,289	0,28	0,27	0,256	0,259	0,28	0,306	0,337	0,366
5,967	5,975	5,985	5,999	6,011	6,023	6,034	6,043	6,052	6,06	6,067	6,07	6,071	6,072
8,216	8,266	8,296	8,307	8,334	8,393	8,475	8,568	8,69	8,845	9,046	9,27	9,206	9,142
114,6827	119,6243	124,5705	129,522	134,4762	139,4307	144,3799	149,3146	154,2225	159,0766	163,8184	168,2981	172,0809	173,8308
20,2147	16,9253	14,4412	12,4855	10,9235	9,656	8,6284	7,8085	7,1604	6,6766	6,3558	6,2021	6,1722	6,1692

Tabla 19. Estabilidad a grandes ángulos SC4

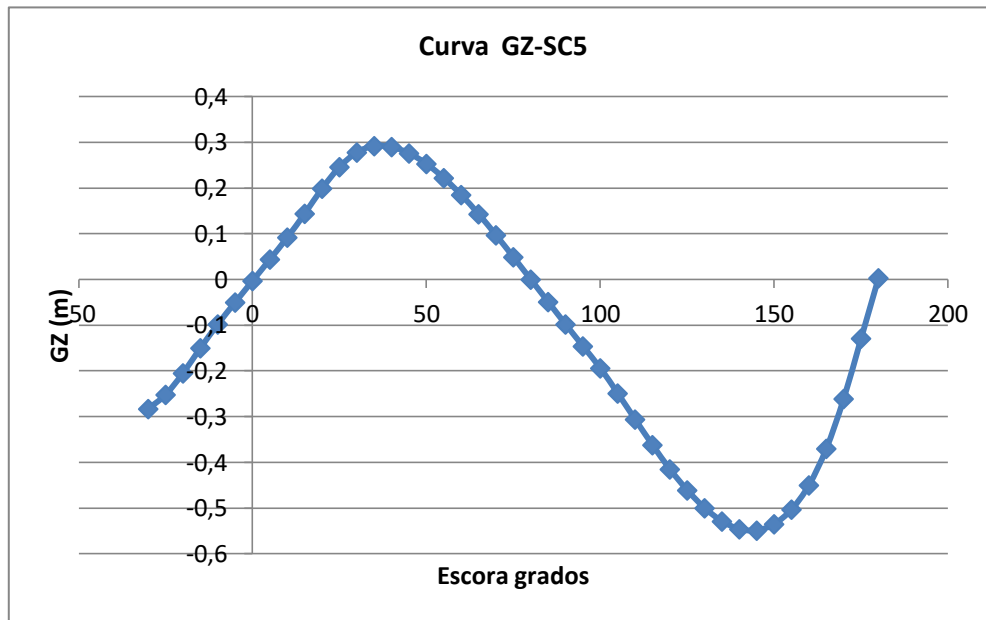


Figura 9. Curva GZ-SC5

#### 4. Estabilidad después de avería

Un proceso que tienen en común los buques de grandes dimensiones es el análisis de comportamiento del buque en estabilidad después de avería. Para buques pesqueros y según el Real Decreto 1032/1999 [2], el criterio correspondiente se aplica en buques de eslora igual o superior a 100 metros y que lleven 100 o más personas a bordo. Como el buque proyecto no cumple con las condiciones mencionadas, no se llevará a cabo el cálculo de la estabilidad después de avería.

## 5. Corroboración de los resultados

En base a la verificación de los resultados obtenidos en los diferentes apartados, se realiza una tabla resumen en la que se muestra el valor requerido de la normativa y el obtenido por el programa *MaxSurf* del buque proyecto.

Estabilidad sin averías						
Condición	Criterio aplicable	Valor requerido	Unidades	Valor buque proyecto	Resultado	Variación
SC1	Área 0º a 30º	3,151	m*grados	3,348	Cumple	0,197
	Área 0º a 40º	5,157		5,6936		0,537
	Área 30º a 40º	1,719		2,3456		0,627
	Mín. GZ a $\geq 30^\circ$	0,2	m	0,205		0,005
	Ángulo GZ máx.	25	grados	48,6		23,600
	GMt inicial	0,35	m	0,523		0,173
SC2	Área 0º a 30º	3,151	m*grados	3,3786	Cumple	0,227
	Área 0º a 40º	5,157		5,4854		0,329
	Área 30º a 40º	1,719		2,1068		0,388
	Mín. GZ a $\geq 30^\circ$	0,2	m	0,212		0,012
	Ángulo GZ máx.	25	grados	50,9		25,900
	GMt inicial	0,35	m	0,494		0,144
SC3	Área 0º a 30º	3,151	m*grados	3,4732	Cumple	0,322
	Área 0º a 40º	5,157		5,3215		0,165
	Área 30º a 40º	1,719		1,8483		0,129
	Mín. GZ a $\geq 30^\circ$	0,2	m	0,223		0,023
	Ángulo GZ máx.	25	grados	52,3		27,300
	GMt inicial	0,35	m	0,475		0,125
SC4	Área 0º a 30º	3,151	m*grados	3,3612	Cumple	0,210
	Área 0º a 40º	5,157		5,251		0,094
	Área 30º a 40º	1,719		1,8898		0,171
	Mín. GZ a $\geq 30^\circ$	0,2	m	0,223		0,023
	Ángulo GZ máx.	25	grados	52,3		27,300
	GMt inicial	0,35	m	0,474		0,124
SC5	Área 0º a 30º	3,151	m*grados	4,3223	Cumple	1,171
	Área 0º a 40º	5,157		7,2115		2,055
	Área 30º a 40º	1,719		2,8892		1,170
	Mín. GZ a $\geq 30^\circ$	0,2	m	0,278		0,078
	Ángulo GZ máx.	25	grados	36,8		11,800
	GMt inicial	0,35	m	0,538		0,188

Tabla 20. Estabilidad sin averías

Tal y como se puede observar en la tabla, los valores obtenidos de cada situación de carga superan ligeramente los valores mínimos requeridos por el Real Decreto 543/2007. Es curioso que la condición de carga 5, una operación que traslada gran parte del peso al extremo de popa, obtenga mejores resultados de estabilidad que en los demás casos.



## **6. Conclusiones**

Tal y como se ha mencionado en cada uno de los apartados, el buque ha superado los valores requeridos por la normativa asociada a:

- Estabilidad en grandes ángulos en cada condición de carga
- Situación de equilibrio en cada condición de carga

De forma que, se confirma la viabilidad del proyecto en términos de estabilidad del buque proyecto.

Además, se ha demostrado que la posición del centro de gravedad del peso total obtenido en el cuaderno anterior en la situación de navegación libre compensa el trimado negativo en la condición de arrastre. También, el trimado que se genera en las diferentes situaciones de carga no presenta ningún problema a la hélice ya que se encuentra sumergida en todo momento y el francobordo de cada situación respeta las restricciones del Real Decreto 543/2007.

## **Bibliografía**

- [1] Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, «Por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L) »
- [2] Real Decreto 1032/1999, de 18 de junio, «Por el que se determinan las normas de seguridad a cumplir por los buques pesqueros de eslora igual o superior a 24 metros»

# **Estudio y diseño de un buque dedicado a la pesca de arrastre en el Mar Mediterráneo para la captura de gamba roja**

## **CUADERNO 12**

### **Presupuesto**



Facultad de Náutica de Barcelona  
Universidad Politécnica de Cataluña

Trabajo realizado por:  
**Alex Buitrago Cervilla**

Dirigido por:  
**Julián Sánchez Sánchez**

Máster universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 10 de Octubre de 2020

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona







# Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS	V
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. COSTES EN EL ASTILLERO</b>	<b>7</b>
2.1 MOLDES	7
2.2 LAMINADO	7
2.5 MAQUINARIA DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y PROPULSIÓN	10
2.6 EQUIPO AUXILIAR	11
2.7 MAQUINARIA DE CUBIERTA DE TRABAJO	12
2.8 EQUIPOS E INSTALACIONES	12
<b>3. SEGUROS Y GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>14</b>
3.1 COSTES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	14
3.2 OTROS DEPARTAMENTOS	14
3.3 SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN Y ADMINISTRACIÓN	14
3.4 PRUEBAS DE CALIDAD	15
3.5 SERVICIOS AUXILIARES DE CONSTRUCCIÓN	15
3.6 BENEFICIO DEL ASTILLERO	15
3.7 SEGUROS	15
<b>4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO Y COSTE TOTAL</b>	<b>16</b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1. DESGLOSE DE LOS COSTES DEL PROYECTO.....</b>	<b>17</b>
---	-----------



## Lista de tablas

<b>TABLA 1. COSTES DE LOS MOLDES .....</b>	<b>7</b>
<b>TABLA 2. COSTES DE LOS LAMINADOS .....</b>	<b>8</b>
<b>TABLA 3. COSTES DE LOS ACCESOS Y ENTRADAS DE LUZ.....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 4. COSTES DE LA PINTURA .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 5. COSTES DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS Y PROPULSIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 6. COSTES DEL EQUIPO PROPULSOR .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLA 7. COSTES DE LA MAQUINARIA DE CUBIERTA DE TRABAJO .....</b>	<b>12</b>
<b>TABLA 8. COSTES DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 9. COSTE TOTAL .....</b>	<b>16</b>

## 1. Introducción

En la última etapa del proyecto se va a obtener el presupuesto de estimación de costes de la construcción del buque en el astillero. Para facilitar su comprensión y su posterior realización, se ha dividido el presupuesto en varias partidas con el tiempo estimado de finalización de cada fase y el número de trabajadores necesarios para llevarlo a cabo:

- **Moldes:** En esta partida se encuentran los gastos de traslado del material para realizar los moldes de la estructura y el valor propio del material.
- **Laminado:** Engloba los costes de la fibra requerida para los refuerzos y forro; y los materiales de mezcla con la fibra.
- **Accesos y entradas de luz:** Representa el coste de los elementos que permiten el paso de los tripulantes entre espacios y el paso de luz al interior de la estructura.
- **Pintura:** Está formada por los costes de mano de obra y los materiales requeridos para la impresión, masillado y pintado.
- **Maquinaria en cámara de máquinas y propulsión:** Está formada por los costes de adquisición e instalación de los equipos: generador principal, generador secundario, equipo generador de emergencia, motor principal y componentes del equipo propulsor.
- **Equipo auxiliar:** En esta partida se encuentran los elementos indispensables para el correcto funcionamiento de los servicios.
- **Maquinaria de cubierta de trabajo:** Similar a la partida de maquinaria en cámara de máquinas, engloba los costes de adquisición e instalación de la maquinaria propia del buque de pesca en la cubierta de trabajo. Además, se incluye el equipo de fondeo y amarre.
- **Equipos e instalaciones:** En esta partida se encuentran los costes de adquisición de los equipos necesarios para la acomodación, salvamento, contraincendios...
- **Seguros y gastos administrativos:** Representa los gastos derivados de la construcción del buque en el astillero.

Los costes se obtendrán de varias formas:

- Contactando con fabricantes o distribuidores
- Observando equipos similares en otros buques o proyectos
- Aplicando fórmulas matemáticas que estimen el coste
- Por el peso del material que lo forma

En los cálculos no se tendrá en cuenta la financiación de los bancos, se considera un pago al contado. Por otra parte, los resultados que se van a obtener están influenciados por precios que fluctúan según la materia prima, estos pueden variar fácilmente y resultar totalmente diferentes a los mostrados en este proyecto.

## 2. Costes en el astillero

### 2.1 Moldes

Para la construcción del buque y realización del laminado se debe crear el molde del : casco, cubierta principal y cubierta superior. El material se recibirá en el astillero teniendo en cuenta el coste del traslado y en el mismo se efectuará el proceso de transformación. El coste de los moldes juntos con el de la mano de obra y traslado de materiales es el siguiente:

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Carpintero N°1	240	15	3.600,00 €
	Carpintero N°2	240	15	3.600,00 €
	Ayudante Carpintero N°1	240	9	2.160,00 €
	Ayudante Carpintero N°2	240	9	2.160,00 €
Detalle		Superficie (m2)	Coste unitario	Subtotal
Moldes	Casco	184,94	625	115.587,50 €
	Cubierta principal	95,86	625	59.912,50 €
	Cubierta superior	66,4	625	41.500,00 €
Traslado de material				1.000,00 €
TOTAL				229.520,00 €

Tabla 1. Costes de los moldes

El coste por metro cuadrado de los moldes se ha obtenido de los costes de un catamarán en un astillero de Arenys de Mar [1]. Se van a usar datos de ese proyecto como referencia en los costes de este.

### 2.2 Laminado

El laminado es el elemento principal para construir el buque. Existen varios gramajes de laminado que se han mencionado en otros cuadernos para alcanzar el espesor deseado en los refuerzos, además se deben aplicar otros materiales junto con la fibra como: Gelcoat, resina, peróxido de MEC, acetona, parafina, octato de cobalto y cera desmoldante.

En el cuaderno 10 se calculó que el peso de la fibra en refuerzos, forro del casco, cubierta de francobordo y cubierta superior es de 9692,12 kg, y considerando un coste medio entre los materiales según su presencia en la estructura se obtiene el siguiente coste:

Detalle	Peso (kg)	Materiales	Coste (euro/kg)	Porcentaje en estructura	Coste medio	Subtotal
Laminado	9692,12	Mat 300	2,01	37	2,502	24.249,68 €
		Mat 450				
		Mat 400				
		Mat 600				
		T 500				
		T 800				
		Resina	1,91	53		
		GelCoat	8,2	6		
		Peróxido de MEC	3,6	1		
		Acetona	0,69	1,5		
		Parafina	6,65	0,25		
		Octato de cobalto	6,25	0,25		
		Cera desmoldante	17,54	1		
Detalle				Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Laminador N°1			320	15	4.800,00 €
	Laminador N°2			320	15	4.800,00 €
	Ayudante Laminador N°1			320	11	3.520,00 €
	Ayudante Laminado N°2			320	11	3.520,00 €
Traslado de material				TOTAL		500,00 €
Equipo de protección personal para 4 tripulantes						600,00 €
					TOTAL	41.989,68 €

Tabla 2. Costes de los laminados

Estos valores incluyen el precio de los mamparos y la estructura de la caseta.

### 2.3 Accesos y entradas de luz

El coste de los accesos con puertas estancas y de habilitación junto con los elementos de entradas de luz es el siguiente:

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Carpintero N°1	100	15	1.500,00 €
	Carpintero N°2	100	15	1.500,00 €
	Ayudante Carpintero N°1	100	9	900,00 €
	Ayudante Carpintero N°2	100	9	900,00 €
Detalle	Unidad	Cantidad	Coste unitario	Subtotal
Puertas	UNIDADES	12	180	2.160,00 €
Ventanas	m2	8,3	50	415,00 €
Escotillas	UNIDADES	3	80	240,00 €
Portillos	UNIDADES	8	250	2.000,00 €
Suelo antideslizante	m2	230,26	8,9	2.049,31 €
			TOTAL	9.615,00 €

Tabla 3. Costes de los accesos y entradas de luz

También se ha añadido el pavimento presente en todo el buque, suelo antideslizante checker.

### 2.4 Pintura

El acabado de la superficie es de gran importancia en los buques , para ello se requiere de imprimación, masilla para perfilar la superficie y pintarlo adecuadamente para proteger el buque de la incrustaciones marinas. En el coste de la pintura se incluye el acabado interior, exterior e imprimación:

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Pintor N°1	240	13	3.120,00 €
	Pintor N°2	240	13	3.120,00 €
	Ayudante Pintor N°1	240	9	2.160,00 €
	Ayudante Pintor N°2	240	9	2.160,00 €
Detalle		Peso (kg)	Coste unitario	Subtotal
Pintura		261,66	229	59.920,14 €
Masilla		40	45	1.800,00 €
			TOTAL	72.280,14 €

Tabla 4. Costes de la pintura

## 2.5 Maquinaria de cámara de máquinas y propulsión

Los precios de los generadores y motor principal se han obtenido al contactar con los fabricantes, siendo: INMESOL [4] y YANMAR [3][5][6]. Por otra parte, el coste del eje se ha calculado por su peso y material de fabricación, además de añadir un porcentaje de producción. En cambio, en el caso de la hélice se han comparado precios en varios catálogos a cerca de hélices de bronce de 4 palas.

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Electro-mecánico N°1	180	20	3.600,00 €
	Electro-mecánico N°2	180	20	3.600,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°1	180	12	2.160,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°2	180	12	2.160,00 €
Detalle		Cantidad	Coste unitario	Subtotal
Cámara de máquinas	Generadores principales	1	100000	100.000,00 €
	Generador secundario	1	20000	20.000,00 €
	Generadores de emergencia	1	15000	15.000,00 €
	Motor	1	85000	85.000,00 €
Propulsión	Hélice	1	67900	67.900,00 €
	Eje	1	812,46	812,46 €
Traslado de material				4.000,00 €
			TOTAL	304.232,46 €

Tabla 5. Costes de la cámara de máquinas y propulsión

## 2.6 Equipo auxiliar

En esta partida se ha estimado el coste de las bombas y sistema de ventilación indagando en catálogos de fabricantes de productos similares.

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Electro-mecánico N°1	100	20	2.000,00 €
	Electro-mecánico N°2	100	20	2.000,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°1	100	12	1.200,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°2	100	12	1.200,00 €
Detalle		Cantidad	Coste unitario	Subtotal
Bombas	Trasiego de combustible MP y GS	3	2034	6.102,00 €
	Agua dulce	1	362	362,00 €
	Descarga al mar	1	594	594,00 €
	Sentina	2	524	1.048,00 €
	Contraincendios	1	1683	1.683,00 €
Ventiladores	Cámara de máquinas	4	178,66	714,64 €
	Local de emergencia	1	178,66	178,66 €
	Habilitación	3	178,66	535,98 €
			TOTAL	17.618,28 €

Tabla 6. Costes del equipo propulsor

## 2.7 Maquinaria de cubierta de trabajo

El método de obtención de los costes de los componentes que forman este apartado varía según el tipo:

Molinete, anclas, cadenas, cables y nevera: Conociendo las dimensiones requeridas por la normativa y accediendo a los catálogos de los fabricantes, se facilita en gran medida la obtención del valor final.

Maquinillas, pescante, pastecas y portones: No es sencillo encontrar los precios de estos elementos propios de la pesca de arrastre, por ello se ha acudido a la empresa MAPSA [2], especializada en este sector y que amablemente ha facilitado estos datos.

Detalle		Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Electro-mecánico N°1	240	20	4.800,00 €
	Electro-mecánico N°2	240	20	4.800,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°1	240	12	2.880,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°2	240	12	2.880,00 €
Detalle		Cantidad	Coste unitario	Subtotal
Cubierta superior	Molinete de anclas	2	2109	4.218,00 €
	Anclas	2	3719	7.438,00 €
	Amarras	1	36	36,00 €
	Cadenas	2	2427,75	4.855,50 €
	Cable de remolque	1	243,8208	243,82 €
Cubierta de francobordo	Maquinilla de cable	1	30000	30.000,00 €
	Maquinilla de mallela	1	20000	20.000,00 €
	Tambor	1	7000	7.000,00 €
	Pescante	1	20000	20.000,00 €
	Pastecas	2	559	1.118,00 €
	Portones	2	1400	2.800,00 €
	Nevera	1	658	658,00 €
	Cable (diámetro 18mm)	1	273720	273.720,00 €
	Cable (diámetro 16,5mm)	1	3740	3.740,00 €
			TOTAL	391.187,32 €

Tabla 7. Costes de la maquinaria de cubierta de trabajo

## 2.8 Equipos e instalaciones

En el cuaderno 7 ya se mencionó que elementos se requerían exactamente en el buque proyecto. y en este se ha indagado en los precios de los modelos que se escogieron. Otros objetos que se conocían pero no se había determinado la marca ni el modelo, se han definido en la siguiente tabla detallando que componente se necesita en cada espacio.



Detalle			Horas	Euro/hora	Subtotal
Mano de obra	Electro-mecánico N°1		300	20	6.000,00 €
	Electro-mecánico N°2		300	20	6.000,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°1		300	12	3.600,00 €
	Ayudante Electro-mecánico N°2		300	12	3.600,00 €
Detalle			Cantidad	Coste unitario	Subtotal
Contraincendios	Detectores		14	145,28	2.034,00 €
	Boca contraincendios		1	38,06	38,06 €
	Manguera de una sola pieza de 15 metros		1	40	40,00 €
	Extintor portátil de 4,5 kg		6	22,78	136,68 €
Salvamento	Balsas salvavidas		2	774	1.548,00 €
	Aros salvavidas SOLAS		2	43,5	87,00 €
	Chalecos salvavidas		5	138,49	692,45 €
	Bengala de mano		6	Pack	210,00 €
	Cohetes lanzabengalas		6		
Habilitación	Camarote	Muebles	2	2400	4.800,00 €
	Taller	Materiales	1	15000	15.000,00 €
	Baño	Pica	2	86	172,00 €
		Inodoro	2	204	408,00 €
		Ducha	1	141	141,00 €
	Comedor	Muebles	1	779	779,00 €
	Cocina	Microondas	1	75	75,00 €
		Muebles	1	425	425,00 €
		Horno	1	350	350,00 €
	Lavandería	Armario	1	200	200,00 €
		Lavadora	1	263	263,00 €
		Secadora	1	269	269,00 €
Instalación eléctrica			1	77639,40	77.639,41€
Circuitos de tuberías			1	38000	38.000,00 €
Equipo radioeléctrico	Radiocomunicación	VHF con LSD	1	179	179,00 €
		VHF portátil	1	480	480,00 €
		Respondedor de radar 9 GHz	1	580	580,00 €
		Receptor NAVTEX	1	259	259,00 €
		Radiobaliza 406 MHZ	1	587	587,00 €
		MF con LSD o INMARSAT	1	5922	5.922,00 €
		Radiobaliza personal de 121,5 MHz	1	278	278,00 €
	Navegación	GPS	1	780	780,00 €
		Ecosonda	1	1240	1.240,00 €
		Radar 9 GHz	1	150	150,00 €
Material sanitario	Botiquín número 3		1	118,36	118,36 €
				TOTAL	180.322,96 €

Tabla 8. Costes de los equipos e instalaciones

El coste de la instalación eléctrica se estima por la potencia eléctrica instalada, la expresión es la siguiente:

$$\text{Coste Inst. eléctrica} = 6,01 * 70 * P^{0,77}$$

$$\text{Coste Inst. eléctrica} = 6,01 * 70 * 877^{0,77} = 77639,40 \text{ €}$$

### **3. Seguros y gastos administrativos**

En este apartado se valoran los costes derivados del propio proyecto y que es importante considerarlos debido al gran gasto que suponen.

#### **3.1 Costes del departamento de ingeniería**

Esta partida se considera la parte teórica del proyecto que generalmente no es tan relevante en costes, aunque dependiendo del proyecto y la necesidad de innovación o requerimientos en instalar maquinaria especial, el coste del proyecto técnico del buque puede elevarse en gran medida. El coste obtenido determinará la viabilidad del proyecto y necesidades en cuanto a mano de obra, tiempo, materiales y presupuestos.

El tiempo estimado en buques similares es de 6480 horas con un precio medio de ingeniería a la hora de 50€/h, siendo el precio total de 324.000€.

#### **3.2 Otros departamentos**

Además del departamento de ingeniería, existen varios departamentos como el de compras, gestión y project management; que forman parte del proyecto y se estima su coste en relación a los gastos del departamento de ingeniería, considerando el 30% y obteniendo un coste de 97.200 €.

#### **3.3 Sociedad de Clasificación y administración**

Los costes de los procesos burocráticos y pruebas necesarias, tanto en el proceso de construcción como en la mar una vez finalizado el proyecto, por parte de la Sociedad de Clasificación *American Bureau of Shipping* para certificar el buque y revisar que la documentación esté en regla, se añaden a los costes del astillero. Este valor se estima como un 10% de los costes del proyecto técnico, siendo de 32.400 €.

### 3.4 Pruebas de calidad

Según avanza el proyecto en las diferentes fases, la Sociedad de Clasificación y el armador requieren de pruebas de control de calidad de la maquinaria instalada, equipos, sistemas y materiales. En esta partida se estima un 15% del coste total del proyecto, siendo 48.600 €.

### 3.5 Servicios auxiliares de construcción

En las anteriores partidas se han obviado elementos de construcción del buque como protección de superficies durante el pintado, andamiaje, grúas... Se estima un coste de este apartado del 15% del coste del proyecto técnico, siendo de 48.600 €.

### 3.6 Beneficio del astillero

Contactando con un astillero de Arenys de Mar, se tiende a adquirir como margen de beneficios un 10% del coste total del buque, el valor es de 124.676,58 €.

### 3.7 Seguros

Este apartado es uno de los más relevantes debido a las consecuencias legales que supone el no contratar los siguientes seguros:

- **Seguro de construcción:** Se estima en un 8,5% del coste total de construcción, siendo un gasto de 105.975,10€.
- **Seguro de responsabilidad civil:** Este cubre los daños a terceros que sucedan durante la construcción del buque, el coste se estima en 33.000€.
- **Seguro de transporte de equipos y consumos:** Cubre el incumplimiento de las entregas de materiales o equipos de los fabricantes o distribuidores que deriven en la entrega tardía del buque a lo acordado en el contrato de construcción, se estima en 25.000€.

#### 4. Resumen del presupuesto y coste total

Finalmente, se ha realizado una tabla resumen de todas las partidas mencionadas previamente con su correspondiente coste, de tal forma que se conoce el presupuesto detallado del buque proyecto.

Se ha añadido un 10% de imprevistos en caso de que se produzcan situaciones no valoradas en la fase previa y aumente el coste del proyecto.

Resumen		Coste
Moldes		229.520,00 €
Laminado		41.989,68 €
Accesos y entradas de luz		9.615,00 €
Pintura		72.280,14 €
Equipos e instalaciones		180.322,96 €
Maquinaria de cámara de maquinas y propulsión		304.232,46 €
Equipo auxiliar		17.618,28 €
Maquinaria de cubierta		391.187,32 €
SUMA		1.246.765,84 €
Departamento de ingeniería		324.000,00 €
Otros departamentos		97.200,00 €
SS.CC y administración		32.400,00 €
Pruebas de calidad		48.600,00 €
Servicios auxiliares de construcción		48.600,00 €
Beneficio del astillero		124.676,58 €
Seguros	Construcción	105.975,10 €
	Responsabilidad civil	33.000,00 €
	Transporte de equipos y consumos	25.000,00 €
SUBTOTAL		2.086.217,52 €
Imprevistos (10%)		208.621,75 €
TOTAL		2.294.839,27 €

Tabla 9. Coste total

El valor total a presupuestar por el buque proyecto es de **dos millones seis cientos tres mil cuatro cientos ochenta y uno con sesenta y siete euros**.

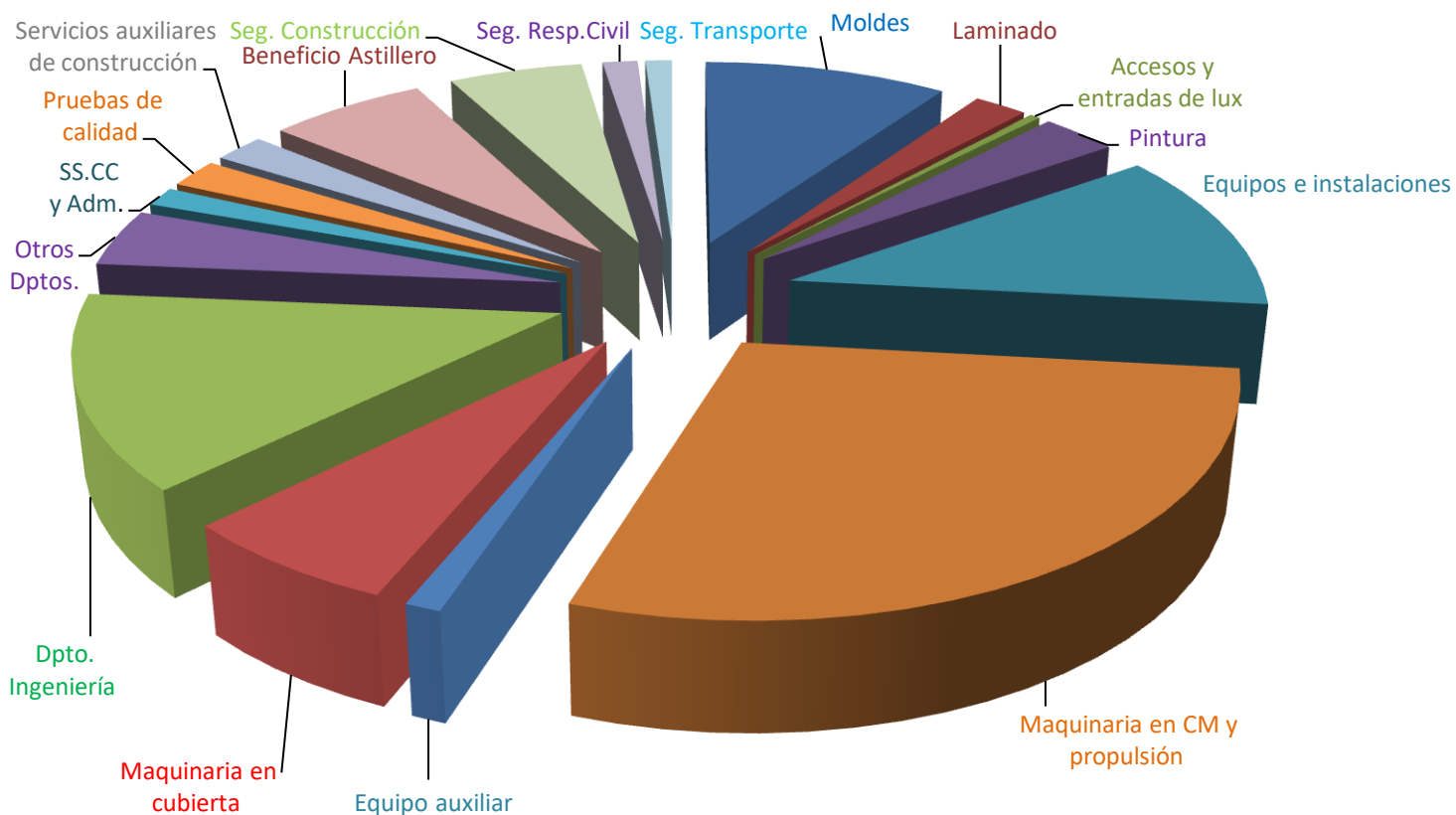


Figura 1. Desglose de los costes del proyecto

## Bibliografía

- [1] UPC. Apuntes del profesor Pol Montolio Lobera - Asignatura: Método de producción de yates. Barcelona, 2020.
- [2] MAPSA. Catálogo de productos. [Consultado el 20/06/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.mapsasl.com>
- [3] YANMAR. High speed engines 6AYM-WGT [Consulta el 19/06/2020]  
  
Disponible en:  
  
<https://www.yanmarmarine.eu/Products/High-speed-engines/6AYM-WGT-369/>
- [4] INMESOL. Ficha técnica del grupo electrógeno. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
<http://www.inmesol.es/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-grupo-electrogeno.asp>
- [5] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 10/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY\\_5.pdf](https://hipowersystemstraining.com/quoteGen/modelDocs/EDY_5.pdf)
- [6] YANMAR. Engine Technical Data. [Consultado el 11/07/2020]  
  
Disponible en:  
  
[https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel\\_generators/yeg\\_4pole/](https://www.yanmar.com/global/powerproducts/products/diesel_generators/yeg_4pole/)